



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE
DESCARGA DE LA CURTIEMBRE SAN VICENTE, PROVINCIA
DE TUNGURAHUA.”**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: JUAN PABLO MOYA VALLEJO

TUTOR: ING. MABEL PARADA

Riobamba – Ecuador

2016

CERTIFICADO DE AUTENTICIDAD

©2016. Juan Pablo Moya Vallejo.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

CERTIFICADO DE TRIBUNAL

El tribunal de trabajo de titulación certifica el: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE DESCARGA DE LA CURTIEMBRE SAN VICENTE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, de responsabilidad del señor Juan Pablo Moya Vallejo ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de trabajo de titulación, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Mabel Parada

.....

.....

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Natalia Moreno

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD

Yo, Juan Pablo Moya Vallejo soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Juan Pablo Moya Vallejo.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo Juan Pablo Moya Vallejo, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba 20 de abril del 2016.

Juan Pablo Moya Vallejo

180285995-7

AGRADECIMIENTO

Una vez transcurrido mi periodo académico, quedo muy agradecido con el personal académico que tuve la oportunidad de conocer durante mi vida estudiantil, los cuales me han sabido compartir sus conocimientos mediante su enseñanza.

Al terminar una etapa de mi vida agradezco a mi familia, por ser un pilar fundamental de apoyo, fortaleza, consejo y de cariño infinito, que me ha servido siempre para nunca darme por vencido.

Agradezco de igual manera a la Ing. Mabel Parada Directora del Trabajo de Titulación, a la Ing. Natalia Moreno asesora de Trabajo de Titulación, por haberme compartido sus conocimientos y consejos para realizar el presente trabajo. Al Sr. Ángel Efraín Llambo propietario de la Curtiembre San Vicente ubicada en el Cantón Ambato por permitirme realizar mi trabajo de titulación en su empresa; al igual que compartirme conocimientos y guiarme durante cada paso del mismo.

A mis compañeros y demás amigos que hemos compartido la enseñanza durante la vida estudiantil hasta llegar este momento tan especial de mi vida, a todos les quedo agradecido y me siento muy orgulloso de llevar en mi corazón el recuerdo de haber sido estudiante de la carrera de Ingeniería Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Juan Pablo Moya

DEDICATORIA

Dedico mi presente trabajo de titulación a Dios y a la Virgen María, por permitirme haber logrado una meta en mi vida. A mi madre Luisa América Vallejo Velasco, mi padre Jorge Gonzalo Moya Ulloa y mis hermanos por estar siempre a mi lado apoyándome y aconsejándome.

A mi hijo Juan Sebastián Moya Soria y mi esposa por ser mi apoyo a seguir siempre adelante pese a las dificultades. A todos los mencionados dedico mi presente trabajo de titulación por ser las únicas personas en las cuales confié, respeto y amo. Gracias Dios por tener la oportunidad de tenerlas a mi lado.

Juan Pablo Moya

TABLA DE CONTENIDOS

PORTADA

| | |
|--------------------------------------|-------|
| CERTIFICADO DE AUTENTICIDAD | i |
| CERTIFICADO DE TRIBUNAL | ii |
| CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD | iii |
| DECLARACION DE AUTENTICIDAD | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| DEDICATORIA | vi |
| TABLA DE CONTENIDOS..... | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xv |
| ÍNDICE DE GRAFICOS | xvi |
| ÍNDICE DE FOTOS..... | xvii |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | xviii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xx |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS | xxi |
| RESUMEN..... | xxv |
| SUMMARY..... | xxvii |

| | |
|-----------------------------|---|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| ANTECEDENTES | 2 |
| JUSTIFICACIÓN | 3 |
| OBJETIVOS..... | 4 |
| Objetivo general | 4 |
| Objetivos específicos | 4 |

CAPÍTULO I

| | |
|--|---|
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 1.1 Curtiembre..... | 5 |
| 1.2 El cuero. | 5 |
| 1.3 Curtiembre San Vicente. | 6 |
| 1.3.1 <i>Requerimientos De La Planta.</i> | 6 |
| 1.3.2 <i>Distribución de la Planta.</i> | 7 |
| 1.4 Descripción del proceso de la curtiembre San Vicente. | 7 |
| 1.4.1 <i>Procesos y Operaciones.</i> | 7 |

| | | |
|--------|---|----|
| 1.4.2 | <i>Diagrama de flujo del proceso de la curtiembre San Vicente</i> | 19 |
| 1.4.3 | <i>Insumos químicos</i> | 21 |
| 1.4.4 | <i>Maquinaria utilizada</i> | 23 |
| 1.5 | Marco legal referente a las descargas líquidas al sistema de alcantarillado público..... | 26 |
| 1.5.1 | <i>Texto Unificado De Legislación Ambiental Secundaria LIBRO VI: Calidad Ambiental Título I: Disposiciones Preliminares</i> | 26 |
| 1.5.2 | <i>Anexo 1 libro vi tabla n° 8 Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente</i> | 27 |
| 1.5.3 | <i>Normativa Ambiental</i> | 27 |
| 1.5.4 | <i>Ley de Gestión Ambiental</i> | 28 |
| 1.5.5 | <i>Ley Orgánica de Salud</i> | 28 |
| 1.5.6 | <i>Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales (IEOS)</i> | 29 |
| 1.5.7 | <i>Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)</i> | 29 |
| 1.6 | Aguas Residuales..... | 29 |
| 1.6.1 | <i>Fuentes de Aguas Residuales</i> | 29 |
| 1.6.2 | <i>Composición de las aguas residuales</i> | 30 |
| 1.6.3 | <i>Tipos de aguas residuales</i> | 30 |
| 1.7 | Parámetros para evaluar la contaminación en el agua de la curtiembre San Vicente. ... | 31 |
| 1.7.1 | <i>Sólidos Sedimentables</i> | 31 |
| 1.7.2 | <i>Sólidos suspendidos</i> | 31 |
| 1.7.3 | <i>Sólidos totales Disueltos</i> | 31 |
| 1.7.4 | <i>Demanda Química de oxígeno</i> | 32 |
| 1.7.5 | <i>Demanda biológica de oxígeno</i> | 32 |
| 1.7.6 | <i>pH</i> | 32 |
| 1.7.7 | <i>Sulfatos</i> | 32 |
| 1.7.8 | <i>Sulfuros</i> | 33 |
| 1.7.9 | <i>Cromo hexavalente</i> | 33 |
| 1.7.10 | <i>Compuestos fenólicos</i> | 33 |
| 1.7.11 | <i>Cloruros</i> | 33 |
| 1.7.12 | <i>Alcalinidad</i> | 34 |
| 1.7.13 | <i>Turbidez</i> | 34 |
| 1.7.14 | <i>Conductividad</i> | 34 |
| 1.7.15 | <i>Tensoactivos</i> | 34 |
| 1.7.16 | <i>Grasas y aceites</i> | 34 |
| 1.8 | Tratamiento de Aguas Residuales..... | 35 |

| | | |
|--------|---|----|
| 1.8.1 | <i>Tratamientos preliminares.</i> | 35 |
| 1.8.2 | <i>Tratamiento Primario.</i> | 35 |
| 1.8.3 | <i>Tratamiento Secundario.</i> | 35 |
| 1.8.4 | <i>Tratamiento Terciario.</i> | 36 |
| 1.9 | <i>Diseño del sistema de tratamiento de agua residual para la curtiembre San Vicente.</i> | 36 |
| 1.9.1 | <i>Caudal.</i> | 36 |
| 1.9.2 | <i>Caudal de diseño.</i> | 37 |
| 1.9.3 | <i>Malla mosquitero de plástico.</i> | 37 |
| 1.9.4 | <i>Vertedero.</i> | 38 |
| 1.9.5 | <i>Las Rejillas.</i> | 41 |
| 1.9.6 | <i>Tanques de homogenización.</i> | 45 |
| 1.9.7 | <i>Decantación.</i> | 49 |
| 1.9.8 | <i>Coagulación – Floculación.</i> | 53 |
| 1.9.9 | <i>Filtración.</i> | 63 |
| 1.9.10 | <i>Proceso de aireación prolongado.</i> | 70 |
| 1.9.11 | <i>Cálculo de la bomba.</i> | 73 |

CAPÍTULO II

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2. | MARCO METODOLÓGICO | 77 |
| 2.1 | Reconocimiento de la planta: Curtiembre San Vicente. | 77 |
| 2.1.1 | <i>Antecedentes de la empresa.</i> | 77 |
| 2.1.2 | <i>Ubicación de la empresa.</i> | 77 |
| 2.2 | Plan de muestreo. | 78 |
| 2.2.1 | <i>Medición del caudal.</i> | 78 |
| 2.2.2 | <i>Muestra Compuesta.</i> | 79 |
| 2.3 | Métodos. | 81 |
| 2.3.1 | <i>Inductivo.</i> | 81 |
| 2.3.2 | <i>Deductivo.</i> | 81 |
| 2.3.3 | <i>Experimental</i> | 81 |
| 2.4 | Técnicas e instrumentos. | 85 |
| 2.4.1 | <i>Determinación de Grasas y Aceites Método 5520B.</i> | 85 |
| 2.4.2 | <i>Determinación de Fenoles Método 5530C.</i> | 86 |
| 2.4.3 | <i>Método APHA 5220 D: Determinación de la DQO.</i> | 87 |
| 2.4.4 | <i>Método: 5220 C titulométrico - requerimiento de oxígeno químico, DQO total al bicromato.</i> | 88 |
| 2.4.5 | <i>Método APHA 5210B: Determinación DBO₅</i> | 89 |
| 2.4.6 | <i>Método APHA 2540 B: Determinación de sólidos totales.</i> | 91 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.4.7 | <i>Método 2510 B: Determinación de la conductividad.</i> | 92 |
| 2.4.8 | <i>Método APHA 2540 B: Determinación de sólidos sedimentables.</i> | 93 |
| 2.4.9 | <i>Método APHA 2540 D: Determinación de sólidos suspendidos.</i> | 94 |
| 2.4.10 | <i>Método 2130-B: Turbiedad.</i> | 95 |
| 2.4.11 | <i>Método 4500 H B: Análisis de pH por el método electrométrico.</i> | 96 |
| 2.4.12 | <i>Método APHA 3111 B, 3030 E: Determinación de cromo hexavalente.</i> | 97 |

CAPÍTULO III

| | | |
|-----------|--|------------|
| 3. | CÁLCULOS Y RESULTADOS..... | 99 |
| 3.1 | CÁLCULOS | 99 |
| 3.1.1 | <i>Sistema de tratamiento de agua para el proceso de lavado y pelambre.....</i> | 99 |
| 3.1.2 | <i>Sistema de tratamiento de agua de descarga para los procesos de curtido y recurtido.....</i> | 126 |
| 3.1.3 | <i>Sistema de tratamiento de agua para los procesos de teñido.</i> | 136 |
| 3.2 | RESULTADOS..... | 145 |
| 3.2.1 | <i>Caracterización fisicoquímica del agua de descarga.</i> | 145 |
| 3.2.2 | <i>Resultados del diseño de los sistemas de tratamiento de agua de la curtiembre San Vicente.</i> | 151 |
| 3.2.3 | <i>Resultados del agua tratada.....</i> | 156 |
| 3.2.4 | <i>Análisis de Resultados.....</i> | 163 |
| 3.2.5 | <i>Análisis de Costos.</i> | 167 |
| | CONCLUSIONES | 171 |
| | RECOMENDACIONES..... | 174 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 176 |
| | ANEXOS..... | 180 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------------|---|-----|
| Tabla 1-1 | Consumo de energía eléctrica. | 6 |
| Tabla 2-1 | Distribución de la planta baja. | 7 |
| Tabla 3-1 | Distribución de la planta alta. | 7 |
| Tabla 4-1 | Salado de las pieles. | 9 |
| Tabla 5-1 | Consumo de químicos en Ribera. | 21 |
| Tabla 6-1 | Consumo de químicos en curtido. | 22 |
| Tabla 7-1 | Consumo de químicos en post curtido. | 23 |
| Tabla 8-1 | Velocidad requerida de bombo para el proceso de elaboración del cuero. | 26 |
| Tabla 9-1 | Vertederos y sus caudales. | 39 |
| Tabla 10-1 | Dimensiones para las rejillas de barra de limpieza manual. | 39 |
| Tabla 11-1 | Coeficiente de rugosidad n de Manning. | 41 |
| Tabla 12-1 | Información rejillas de barras de limpieza manual y mecánica | 43 |
| Tabla 13-1 | Valores de gradiente de velocidad G y tiempos de retención. | 47 |
| Tabla 14-1 | Características Fisicoquímicas del agua residual. | 48 |
| Tabla 15-1 | Relación entre el tiempo de retención y eliminación de contaminantes | 52 |
| Tabla 16-1 | Coagulantes y floculantes. | 56 |
| Tabla 17-1 | Carga de superficie recomendada para diversas suspensiones químicas. | 60 |
| Tabla 18-1 | Parámetros para el diseño de tanques de floculación. | 62 |
| Tabla 19-1 | Valores de gradiente de velocidad G y tiempos de retención. | 62 |
| Tabla 20-1 | Valores de C_D para las secciones rectangulares. | 62 |
| Tabla 21-1 | Tipos de filtros. | 64 |
| Tabla 22-1 | Condiciones de diseño. Área Superficial. | 67 |
| Tabla 23-1 | Tabla de coeficientes de permeabilidad. | 68 |
| Tabla 1-2 | Aspectos ambientales del proceso. | 82 |
| Tabla 2-2 | Tabla de valorización agua residual a descargar al alcantarillado. | 85 |
| Tabla 2-3 | Accesorios: Descarga tanque de aireación al tanque de floculación. | 121 |
| Tabla 3-3 | Accesorios: succión tanque de floculación al decantador. | 122 |
| Tabla 4-3 | Accesorios: descarga tanque de floculación al decantador. | 123 |
| Tabla 5-3 | Accesorios: succión decantador al tanque de aireación. | 124 |
| Tabla 6-3 | Accesorios: descarga decantador al tanque de aireación. | 125 |
| Tabla 7-3 | Accesorios: succión tanque homogenizador al filtro lento de arena. | 132 |
| Tabla 8-3 | Accesorios: descarga tanque homogenizador al filtro lento de arena. | 133 |
| Tabla 9-3 | Accesorios: succión tanque de cal al 5% al filtro lento de arena. | 134 |

| | | |
|-------------------|---|-----|
| Tabla 10-3 | Accesorios: descarga tanque de cal al 5% al filtro lento de arena. | 135 |
| Tabla 11-3 | Accesorios: succión tanque de floculación al tanque de decantación. | 142 |
| Tabla 12-3 | Accesorios: descarga tanque de floculación a tanque de decantación. | 143 |
| Tabla 13-3 | Valores obtenidos en las descargas finales de la Curtiembre San Vicente. | 145 |
| Tabla 14-3 | Resultados de los análisis químicos realizados en la ESPOCH. | 146 |
| Tabla 15-3 | Resultados de los análisis químicos Pelambre realizados en la ESPOCH. | 147 |
| Tabla 16-3 | Resultados de los análisis químicos Pelambre realizados en el CESTTA. | 147 |
| Tabla 17-3 | Resultados de los análisis químicos Curtido realizados en la ESPOCH. | 148 |
| Tabla 18-3 | Resultados de los análisis químicos Curtido realizados en el CESTTA. | 148 |
| Tabla 19-3 | Resultados de los análisis químicos Recurtido realizados en la ESPOCH. | 149 |
| Tabla 20-3 | Resultados de los análisis químicos recurtido realizados en el CESTTA. | 150 |
| Tabla 21-3 | Resultados de los análisis químicos Teñido realizados en la ESPOCH. | 150 |
| Tabla 22-3 | Resultados de los análisis químicos del teñido, realizados en CESTTA. | 151 |
| Tabla 23-3 | Caudal de diseño. | 151 |
| Tabla 24-3 | Resultado del diseño del vertedero. | 151 |
| Tabla 25-3 | Resultados del diseño de las rejillas. | 152 |
| Tabla 26-3 | Resultados del diseño del tanque de aireación primaria. | 152 |
| Tabla 27-3 | Resultados del diseño del tanque de floculación. | 152 |
| Tabla 28-3 | Resultados del diseño del tanque de decantación. | 153 |
| Tabla 29-3 | Resultados del diseño del tanque de aireación secundaria. | 153 |
| Tabla 30-3 | Potencia de bombas. | 153 |
| Tabla 31-3 | Caudal de diseño. | 154 |
| Tabla 32-3 | Resultados del diseño del tanque de homogenización. | 154 |
| Tabla 33-3 | Resultados del diseño del filtro lento de arena. | 154 |
| Tabla 34-3 | Potencia de bombas. | 155 |
| Tabla 35-3 | Caudal de diseño. | 155 |
| Tabla 36-3 | Resultados del diseño del tanque de floculación. | 155 |
| Tabla 37-3 | Resultados del diseño del tanque de decantación. | 155 |
| Tabla 38-3 | Potencia de bombas. | 156 |
| Tabla 39-3 | Resultados con Sulfato de Aluminio al agua de pelambre. | 157 |
| Tabla 40-3 | Resultados con Policloruro de Aluminio al agua de Lavado. | 157 |
| Tabla 41-3 | Resultados con Cloruro férrico al agua de Lavado. | 158 |
| Tabla 42-3 | Resultados con cloruro férrico al agua de pelambre. | 158 |
| Tabla 43-3 | Resultados Cloruro férrico-floculante aniónico al agua de Lavado. | 159 |
| Tabla 44-3 | Resultados cloruro férrico-floculante aniónico al agua de pelambre. | 159 |
| Tabla 45-3 | Agua tratada de la etapa de lavado. | 160 |
| Tabla 46-3 | Agua tratada de Pelambre. | 161 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Tabla 47-3 | Agua tratada de Curtido - Recurtido..... | 162 |
| Tabla 48-3 | Agua tratada de Teñido..... | 162 |
| Tabla 49-3 | Análisis de resultados del agua del proceso de lavado | 163 |
| Tabla 50-3 | Análisis de resultados del agua del proceso de pelambre. | 164 |
| Tabla 51-3 | Análisis de resultados del agua del proceso de curtido y recurtido. | 165 |
| Tabla 52-3 | Análisis de resultados del agua de Teñido | 166 |
| Tabla 53-3 | Costos de equipos e accesorios. | 167 |
| Tabla 54-3 | Reactivos químicos para el agua de lavado y pelambre..... | 167 |
| Tabla 55-3 | Costo de instalación del sistema. | 168 |
| Tabla 56-3 | Costos de equipos e accesorios. | 168 |
| Tabla 57-3 | Reactivos químicos para el agua de curtido y recurtido. | 169 |
| Tabla 58-3 | Costo de instalación del sistema. | 169 |
| Tabla 59-3 | Costos de equipos e accesorios. | 169 |
| Tabla 60-3 | Reactivos químicos para el agua de teñido. | 170 |
| Tabla 61-3 | Costo de instalación del sistema. | 170 |
| Tabla 62-3 | Costo total del sistema de tratamiento de agua de descarga..... | 170 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Figura 1- 1 | Actividades de la Curtiembre San Vicente..... | 6 |
| Figura 2-1 | Etapas Ribera. | 8 |
| Figura 3-1 | Etapas Curtido..... | 12 |
| Figura 4-1 | Etapas Post-Curtido..... | 15 |
| Figura 5-1 | Etapas Acabado. | 17 |
| Figura 6-1 | Flujograma de procesos..... | 20 |
| Figura 7-1 | Malla mosquitero de plástico. | 38 |
| Figura 8-1 | Vertederos según su forma. | 39 |
| Figura 9-1 | Ábaco de la fórmula de Manning. | 40 |
| Figura 10-1 | Rejillas..... | 41 |
| Figura 11-1 | Rejillas de limpieza manual. | 42 |
| Figura 12-1 | Factores dependientes de la forma de la barra..... | 45 |
| Figura 13-1 | Depósito de homogenización a nivel constante..... | 46 |
| Figura 14-1 | Decantador circular | 50 |
| Figura 15-1 | Filtración lenta de arena. | 64 |
| Figura 16-1 | Malla filtro de nylon..... | 65 |
| Figura 17-1 | Grava gruesa..... | 65 |
| Figura 18-1 | Grava gruesa..... | 66 |
| Figura 19-1 | Carbón activado..... | 66 |
| Figura 20-1 | Arena | 66 |
| Figura 21-1 | Tanques de aireación..... | 71 |
| Figura 22-1 | Coeficientes K para diferentes accesorios..... | 74 |
| Figura 23-1 | Sistema de Bombeo..... | 75 |
| Figura 1-2 | Ubicación de la empresa. | 77 |
| Figura 2-2 | Diagrama de bloques del plan de muestreo..... | 80 |
| Figura 1-3 | Descripción del sistema de tratamiento de agua para el proceso de lavado. | 99 |
| Figura 2-3 | Descripción del Sistema de tratamiento de agua para el proceso de Pelambre. | 100 |
| Figura 3-3 | Ábaco de la Formula de Manning en el dimensionamiento de las rejillas. | 104 |
| Figura 4-3 | Descripción del Sistema de tratamiento de agua de Curtido y recurtido..... | 126 |
| Figura 5-3 | Descripción del Sistema de tratamiento de agua para el proceso de teñido. ... | 136 |

ÍNDICE DE GRAFICOS

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Grafico 1-3 | Análisis de Resultado de análisis de agua de Lavado..... | 163 |
| Grafico 2-3 | Análisis de resultados del agua de pelambre. | 164 |
| Grafico 3-3 | Análisis de resultados del agua de curtido y recurtido. | 165 |
| Grafico 4-3 | Análisis de resultados del agua de teñido | 166 |

ÍNDICE DE FOTOS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Foto 1-1 | Bombo para la etapa de Pelambre y curtido..... | 24 |
| Foto 2-1 | Bombo para la etapa de recurtido y teñido..... | 24 |
| Foto 3-1 | Divididora. | 25 |
| Foto 4-1 | Rebajadora. | 25 |
| Foto 5-1 | Gamusadora. | 26 |
| Foto 6-1 | Coagulante floculante precipitante PAC100. | 57 |
| Foto 7-1 | Floculante aniónico de alto peso molecular PROFLOC 932 | 58 |
| Foto 1-2 | Toma de muestras en las instalaciones de la empresa San Vicente. | 78 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | | |
|-----------------------|---|----|
| Ecuación 1-1 | Caudal. | 36 |
| Ecuación 2-1 | Factor de mayorización. | 37 |
| Ecuación 3-1 | Fórmula del caudal de diseño. | 37 |
| Ecuación 4-1 | Área del vertedero. | 40 |
| Ecuación 5-1 | Radio hidráulico. | 40 |
| Ecuación 6-1 | Velocidad del fluido. | 41 |
| Ecuación 7-1 | Área entre barras. | 43 |
| Ecuación 8-1 | Área de la sección transversal del fluido. | 43 |
| Ecuación 9-1 | Número de Barras. | 44 |
| Ecuación 10-1 | Nivel máximo de agua. | 44 |
| Ecuación 11-1 | Longitud de la rejilla en sumersión. | 44 |
| Ecuación 12-1 | Pérdida de carga. | 45 |
| Ecuación 13-1 | Área del tanque de homogenización. | 46 |
| Ecuación 14-1 | Tiempo de llenado del homogenizador. | 46 |
| Ecuación 15-1 | Volumen del homogenizador. | 47 |
| Ecuación 16-1 | Potencia del homogenizador. | 48 |
| Ecuación 17-1 | Área de la sección transversal de las paletas. | 48 |
| Ecuación 18-1 | Área del decantador | 50 |
| Ecuación 19-1 | Velocidad ascensional. | 50 |
| Ecuación 20-1 | Tiempo de retención. | 51 |
| Ecuación 21-1 | Carga sobre vertedero de salida. | 51 |
| Ecuación 22-1 | Producción de fangos. | 51 |
| Ecuación 23-1 | Poceta de fangos. | 52 |
| Ecuación 24 -1 | Volumen de Fango. | 52 |
| Ecuación 25-1 | Área del tanque de floculación. | 60 |
| Ecuación 26-1 | Ancho del tanque de floculación. | 60 |
| Ecuación 27-1 | Longitud del tanque de floculación. | 60 |
| Ecuación 28-1 | Volumen del tanque de floculación. | 61 |
| Ecuación 29-1 | Diámetro del tanque de floculación. | 61 |
| Ecuación 30-1 | Tiempo de retención hidráulico en el floculador. | 61 |
| Ecuación 31-1 | Potencia disipada de mezcla en el floculador. | 63 |
| Ecuación 32-1 | Área transversal de las paletas. | 63 |
| Ecuación 33-1 | Área Superficial. | 67 |
| Ecuación 34-1 | Coeficiente de mínimo costo. | 67 |

| | | |
|----------------------|--|----|
| Ecuación 35-1 | Longitud de la unidad de filtración lenta de arena. | 67 |
| Ecuación 36-1 | Ancho de la unidad de filtración. | 68 |
| Ecuación 37-1 | Velocidad de filtración real. | 68 |
| Ecuación 38-1 | Pérdida de carga en la arena. | 69 |
| Ecuación 39-1 | Pérdida de carga en la grava y carbón activado. | 69 |
| Ecuación 40-1 | Diámetro hidráulico. | 69 |
| Ecuación 41-1 | Pérdida de carga del drenaje. | 70 |
| Ecuación 42-1 | Pérdida de carga total de la unidad de filtración. | 70 |
| Ecuación 43-1 | Volumen del tanque de aireación. | 71 |
| Ecuación 44-1 | Caudal de aire en función del DBO ₅ | 71 |
| Ecuación 45-1 | Presión hidrostática. | 72 |
| Ecuación 46-1 | Presión absoluta. | 72 |
| Ecuación 47-1 | Variación térmica del aire de compresión. | 72 |
| Ecuación 48-1 | Temperatura de salida del aire. | 73 |
| Ecuación 49-1 | Potencia del compresor. | 73 |
| Ecuación 50-1 | Ecuación de Bernoulli. | 73 |
| Ecuación 51-1 | Suma de pérdidas de carga en el sistema. | 74 |
| Ecuación 52-1 | Velocidad del fluido en el sistema. | 75 |
| Ecuación 53-1 | Pérdidas de carga en la succión y descarga. | 75 |
| Ecuación 54-1 | Potencia de la bomba. | 76 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | | |
|----------------|--|-----|
| ANEXO A | Sistema de Tratamiento de Agua para el proceso: Lavado-Pelambre | 181 |
| ANEXO B | Sistema de Tratamiento de Agua para el proceso: Curtido-Recurtido. | 182 |
| ANEXO C | Sistema de Tratamiento de Agua para el proceso de Teñido. | 183 |
| ANEXO D | Agua tratada de los procesos de la Curtiembre San Vicente. | 184 |
| ANEXO E | Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de lavado. | 185 |
| ANEXO F | Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de pelambre ESPOCH. | 186 |
| ANEXO G | Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de pelambre CESTTA. | 187 |
| ANEXO H | Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de curtido ESPOCH. | 188 |
| ANEXO I | Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de curtido CESTTA. | 189 |
| ANEXO J | Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de recurtido CESTTA. | 190 |
| ANEXO K | Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de Recurtido ESPOCH | 191 |
| ANEXO L | Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de teñido ESPOCH. | 192 |
| ANEXO M | Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de teñido CESTTA. | 193 |
| ANEXO N | Resultado del análisis fisicoquímico del agua tratada de la etapa de lavado. | 194 |
| ANEXO O | Resultado del análisis fisicoquímico del agua tratada de la etapa de pelambre..... | 195 |
| ANEXO P | Resultado del análisis fisicoquímico del agua tratada de las etapas: curtido y recurtido..... | 196 |
| ANEXO Q | Resultado del análisis fisicoquímico del agua tratada de la etapa de teñido..... | 197 |

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|------------------|--|
| TULSMA | Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente. |
| DBO ₅ | Demanda Biológica Oxígeno. |
| DQO | Demanda Química de Oxígeno. |
| IEOS | Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias. |
| INEN | Instituto Ecuatoriano de Normalización. |
| INEC | Instituto Nacional de Estadísticas y Censos |
| EDAR | Estación Depuradora de Aguas Residuales. |
| TDS | Sólidos Totales Disueltos. |
| NTU | Unidad de turbidez Nefelométricas. |
| PTAR | Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. |
| SS | Sólidos Sedimentables. |
| m | Metro. |
| mm | Milímetro. |
| µm | Micromilímetro. |
| nm | Nano milímetro. |
| µSiem/cm | Micro siemens por centímetro. |
| pulg | Pulgadas. |
| m/seg | Metro sobre segundo |
| m/h | Metro sobre hora. |
| m/d | Metro sobre día. |
| f ³ | Pie cúbico. |
| N | Newton. |
| Kg | Kilogramo. |
| gr | Gramo. |
| cm | Centímetro. |
| s | Segundos. |
| L | Litros. |
| ml | Mililitros. |
| Q | Caudal real. |
| Q _D | Caudal de diseño. |
| F _M | Factor de mayorización. |
| V | Volumen de agua |
| t | Tiempo. |

| | |
|-----------|---|
| b_v | Base del vertedero. |
| h_v | Altura del vertedero. |
| R_H | Radio hidráulico. |
| v_v | Velocidad de agua en el vertedero. |
| n | Coefficiente de rugosidad de Manning. |
| S | Gradiente hidráulico. |
| A_b | Área entre barras. |
| v_a | Velocidad de aproximación. |
| W | Separación entre barras. |
| e | Espesor máximo entre las barras. |
| N_B | Número de barras. |
| d_{max} | Nivel máximo de agua. |
| h_C | Pérdida de carga. |
| β | Factor dependiente de la forma de la barra. |
| Θ | Ángulo de inclinación de las barras. |
| $v^2/2g$ | Carga de velocidad antes de la reja. |
| A_H | Área de homogenizador. |
| b_H | Base del homogenizador. |
| t_H | Tiempo de llenado del homogenizador |
| V_H | Volumen del homogenizador. |
| f_s | Factor de seguridad. |
| g | Gravedad. |
| P_H | Potencia del homogenizador. |
| μ | Viscosidad dinámica del agua residual. |
| G | Gradiente de velocidad. |
| A_p | Área transversal de las paletas. |
| C_D | Coefficiente de resistencia al avance. |
| ρ | Densidad del fluido. |
| V_{rp} | Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido. |
| A_{ST} | Área de la sección transversal del fluido. |
| b_C | Ancho del canal. |
| L_S | Longitud de la rejilla en sumersión. |
| V_{asc} | Velocidad ascensional. |
| A_D | Área del decantador. |
| L_v | Longitud del vertedero. |
| F_1 | Producción de fangos. |

| | |
|-----------------|--|
| K_{RS} | Coeficiente de reducción de sólidos. |
| Q_f | Poceta de fangos. |
| C_{SS} | Concentración de sólidos sedimentables |
| C_l | Concentración de purga de fangos (sin decimales). |
| V_F | Volumen de fango. |
| T_r | Tiempo de retención del fango. |
| A_F | Área del tanque de floculación. |
| A_n | Ancho del tanque de floculación. |
| L_g | Longitud del tanque de floculación. |
| V_C | Volumen del tanque de floculación. |
| h_f | Altura del tanque de floculación. |
| ϕ | Diámetro del tanque de floculación. |
| Π | Número irracional. |
| C_S | Carga superficial. |
| T_{rh} | Tiempo de retención hidráulico en el floculador. |
| P_F | Potencia disipada de la mezcla en el floculador. |
| A_S | Área superficial del filtro. |
| N | Número de unidades filtrantes. |
| v_f | Velocidad de filtración. |
| K_C | Coeficiente mínimo de costo |
| B | Longitud del filtro. |
| A | Ancho del filtro. |
| v_{fr} | Velocidad de filtración real. |
| h_{f1} | Pérdida de carga en la arena. |
| K_P | Coeficiente de permeabilidad. |
| h_{fa} | Altura del manto de arena. |
| h_{f2} | Pérdida de carga en la grava y carbón activado. |
| Σv_{fr} | Sumatoria de velocidad de filtración entre la grava y carbón activado. |
| d_H | Diámetro hidráulico. |
| A_D | Ancho del dren. |
| h_D | Altura del dren. |
| h_{f3} | Pérdida de carga en el drenaje. |
| λ | Factor de fricción. |
| L_D | Longitud del dren. |
| H_{fT} | Pérdida de carga total de la unidad de filtración. |
| V_{Al} | Volumen del tanque de aireación. |

| | |
|-----------------|--|
| b_a | Base del tanque de aireación. |
| h_a | Altura del tanque de aireación. |
| Q_{O_2} | Caudal de aire. |
| P_{H_2O} | Presión hidrostática. |
| P_{atm} | Presión atmosférica. |
| P_{abs} | Presión absoluta. |
| ΔT_{ad} | Variación térmica del aire. |
| η | Eficiencia asumida del compresor. |
| T_2 | Temperatura de salida del aire de compresión. |
| T_1 | Temperatura ambiente. |
| P_C | Potencia del compresor. |
| v | Velocidad del agua. |
| H_{r1-2} | Sumatoria de las pérdidas de carga en el sistema 1-2. |
| Z_2 | Altura de descarga del fluido. |
| Z_1 | Altura de succión del fluido. |
| h_s | Pérdida secundaria de succión. |
| h_D | Pérdida secundaria de descarga. |
| H_i | Altura de impulsión. |
| H_a | Altura de aspiración. |
| ϕ_t | Diámetro de la tubería. |
| K_f | Coefficiente adimensional de pérdida de carga secundaria. |
| v_s | Velocidad del fluido en el sistema. |
| P_B | Potencia de la bomba. |
| η_B | Eficiencia de la bomba. |
| EDTA | El ácido etilendiaminotetraacético. |
| AWWA | American Water Works Association. |
| CESTTA | Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental |

RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la etapa de lavado, pelambre, teñido, curtido y recurtido, para la Curtiduría San Vicente, Ubicada en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua en la avenida Indoamérica y Virgen del Cisne, parroquia Atahualpa. El estudio de investigación inicio utilizando el método inductivo en el reconocimiento de los diferentes procesos que se llevan a cabo en la empresa, para posteriormente realizar la determinación de los efluentes. Luego se realizó los análisis fisicoquímicos de las muestras de aguas residuales en la etapa de lavado obteniendo los siguientes resultados: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) 1982 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 2450 mg/L, Sólidos Totales Disueltos (TDS) 16.8 g/L, cloruros 16.3 g/L, conductividad 27.9 mSiems/cm. En la etapa de pelambre: Demanda Biológica de Oxígeno DBO_5 2920 mg/L, DQO 3870 mg/L, Sólidos Totales Disueltos TDS 15.1 g/L, sólidos sedimentables 35 ml/L, conductividad 27.2 mSiems/cm. En la etapa de curtido siendo: Demanda Biológica de Oxígeno DBO_5 1455 mg/L, Demanda Química de Oxígeno DQO 1852 mg/L, Sólidos Totales Disueltos TDS 31.8 g/L, conductividad 54 mSiems/cm, cromo hexavalente 2.21 mg/L. En la etapa recurtido siendo: Demanda Biológica de Oxígeno DBO_5 1970 mg/L, Demanda Química de Oxígeno DQO 2920 mg/L, Sólidos Totales Disueltos TDS 8.9 g/L, conductividad 16.3 mSiems/cm, cromo hexavalente 1.3 mg/L. En la etapa teñido siendo: Demanda Biológica de Oxígeno DBO_5 1240 mg/L, Demanda Química de Oxígeno DQO 2360 mg/L, Sólidos Totales Disueltos TDS 4.94 g/L, conductividad 10.3 mSiems/cm. Después de haber caracterizado de manera fisicoquímico las muestras y obteniendo resultando que se encuentran por encima de los límites máximos permisibles establecidos por el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), Tabla 8 anexo I libro VI, se determinó los componentes del sistema de tratamiento, el cual está constituido de tres sistemas de tratamiento. En primer sistema que corresponde al agua de descarga de los procesos: lavado y pelambre, está constituido por: malla, vertedero, rejillas, tanque de aireación primaria, floculación, coagulación, decantación y aireación final. El segundo sistema que corresponde al agua de descarga de los procesos: curtido y recurtido, está constituido por: malla, vertedero, rejillas, tanque de homogenización, filtro lento de arena y aireación final. El tercer sistema correspondiente al agua de descarga del proceso de teñido está constituido por: vertedero, tanque de floculación, decantación y descarga al sistema de alcantarillado público. La aplicación del sistema planteado y el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, logrará que las aguas de descarga de la empresa cumplan con los parámetros señalados en la normativa, así precautelando la conservación de un ambiente sustentable. Se recomienda la implementación del sistema de tratamiento planteado el cual beneficiará su imagen corporativa, le ayudará a cumplir con las leyes ambientales actuales y

controlará la generación de contaminación producida para tener un desarrollo sostenible en el medio Ambiente.

PALABRAS CLAVES:

<CURTIDURÍA SAN VICENTE> < DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO₅)> < DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)> <SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)> <SÓLIDOS SEDIMENTABLES> < TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MEDIO AMBIENTE (TULSMA)> <FLOCULACIÓN> <DECANTACIÓN> <COAGULACIÓN> <FILTROS> <DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <LEYES AMBIENTALES>

SUMMARY

It was designed a system of treatment of waste water for the wash step, liming, dyeing, tanning and retanning, to the tannery San Vicente, located in the city of Ambato Tungurahua province in the Indoamérica Avenue y Virgen del Cisne parish Atahualpa. The research study began using the deductive method in recognition of the different processes that are conducted in the company later to realized the determination of the effluent. Then held the physicochemical analysis of wastewater samples in the washing stage obtaining the following results: Biological demand of oxygen (BOD_5) 1982 mg/L, chemical demand of oxygen (COD) 2450 mg/L, Total solids dissolved (TDS) 16.8 g/L, chlorides 16.3 g/L, conductivity 27.9 mSiems/cm. At the stage of liming: Biological demand of oxygen (BOD_5) 2920 mg/L, chemical demand of oxygen (COD) 3870 mg/L, Total solids dissolved (TDS) 15.1 g/L, settleable solids 35 ml/L, conductivity 27.2 mSiems/cm. At the tanning stage being: Biological demand of oxygen (BOD_5) 1455 mg/L, chemical demand of oxygen (COD) 1852 mg/L, Total solids dissolved (TDS) 31.8 g/L, conductivity 54 mSiems/cm, hexavalent chromium 2.21 mg/L. In the retanning being stage: Biological demand of oxygen (BOD_5) 1970 mg/L, chemical demand of oxygen (COD) 2920 mg/L, Total solids dissolved (TDS) 8.9 g/L, conductivity 16.3 mSiems/cm, hexavalent chromium 1.3 mg/L. At the stage of being dyed: Biological demand of oxygen (BOD_5) 1240 mg/L, chemical demand of oxygen (COD) 2360 mg/L, Total solids dissolved (TDS) 4.94 g/L, conductivity 10.3 mSiems/cm. After having characterized in a way physicochemical samples and results that are above the maximum permissible limits established by the unified text of the secondary legislation of the environment (TULSMA), table 8 annex I book VI, it was determined the components of the treatment system, in which it is constituted of three systems of treatment. The first system which corresponds to the discharge of process water: washing and liming, it is constituted for; mesh, landfill, grids, tank of primary aeration, flocculation, coagulation, decanting and aeration final. The second system that correspond to the water discharge from the processes: tanning and retanning is constituted by: mesh, landfill, grids, tank of homogenization, slow sand filter and aeration final. The third system corresponds to the water of discharge of the process of dyeing it is constituted for: tank of flocculation, decantation and discharges to the system of public sewerage. The application of the proposed system and the design of the plant of treatment of wastewater, it will achieve that the waters of discharge of the company expire with the parameters indicated in the regulation thus safeguarding the preservation of a sustainable environment. It is recommended the implementation of the treatment system in which benefits its corporate image, help comply with current environmental laws and controlling the generation of pollution produced to have a sustainable development in the environment.

Key words: TANNERY SAN VICENTE, BIOLOGICAL DEMAND OF OXYGEN (BOD₅), CHEMICAL DEMAND OF OXIGEN (COD), TOTAL SOLIDS DISOLVED (TDS), SETTEABLE SOLIDS, UNIFIED TEXT OF THE SECONDARY LEGISLATION OF THE ENVIRONMENT, FLOCCULATION, DECANTING, COAGULATION, FILTERS, DESIGN OF A SYSTEM OF TREATMENT OF WASTE WATER, PLANT OF TREATMENT OF WASTE WATER, ENVIRONMENT LAWS.

INTRODUCCIÓN

Sabiendo que el agua es uno de los elementos más importantes y necesarios para la vida del ser humano, es necesario cuidarla saber utilizar y tratarla. Los últimos datos registrados de las encuestas realizadas por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) tienen que un 80% de las empresas en el país no registran ningún gasto o inversión en el aspecto de protección ambiental y que el 98% de las empresas no cuentan con sistemas de gestión ambiental mediante certificaciones internacionales.

Uno de los problemas en el Ecuador normalmente se centra en las descargas de los efluentes que lo realizan las industrias y que no cumplen con las condiciones que rige el Ministerio de Ambiente.

El agua que normalmente procede de ríos lagos o quebradas es contaminada por ciertas sustancias que el hombre ocupa en su vida diaria y que por lo general provienen de industrias que se encuentran dentro de la ciudad. En la provincia de Tungurahua se genera una contaminación directa al agua residual proveniente de empresas que en su mayoría son de tipo curtiembres ya que abarcan un 60% de la producción total siguiéndole la industria textilera.

En la industria de curtiembre se descarga según su producción un cierto nivel de agua con importantes cantidades de contaminantes químicos, destacándose el uso de cloruro de sodio, sulfuro de sodio, cal, sales de cromo y solventes ya que también un 50% del peso de las pieles que ingresan a la curtiembre, durante el proceso y tratamiento a este se llega a eliminar también como residuo sólidos por lo que se tiene un gran cantidad de sólidos suspendidos en el agua del procesos a ser descargada.

El diseño de un sistema de tratamiento de agua para este tipo de descargas tiene como finalidad minimizar la carga de contaminantes presentes en el agua antes de ser descargadas al alcantarillado, manteniendo los parámetros de acuerdo al TULSMA (Texto Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiente) anexo 1, tabla 8.

ANTECEDENTES

Recientemente el Ilustre Municipio de Ambato realizó los controles respectivos a las descargas de efluentes al Río Ambato realizadas por empresas tanto urbanas y rurales. Y se consideró de mayor contaminación las curtiembres. Dentro de las que fueron citadas, un 60% de las empresas no llevan ningún control ambiental en su proceso, 30% que si lo realizan y un 10% que están dentro de un proceso de implementación. La curtiembre San Vicente Curtiembre ubicada dentro de la ciudad de Ambato fue considerada dentro del parámetro de las empresas que no cumplen con ningún control ambiental motivo por el cual se lleva a cabo este presente trabajo.

La población Tungurahuense se preocupa cada vez más por el aumento de empresas de este tipo, debido a que dentro de estas no solo se genera una contaminación al agua sino también al ambiente, por motivo de que motivo por el cual, la piel del animal llega conjuntamente con la sangre, estiércol las mismas que son reposadas al ambiente son reposadas al ambiente emanando un fuerte olor.

No obstante al hablar de la contaminación que se genera dentro de estas empresas podemos citar el tratamiento al agua de descarga del procesos de la curtiembre, ya que muchas de ellas son de carácter artesanal más que industrial, por lo que trabajan sin ningún control al agua residual de descarga del proceso. Por lo tanto el Ministerio del Ambiente realiza controles de manera mensual y las empresas que no cumplan con los parámetros existentes de acuerdo al Texto Unificado de la Legislación Secundario del Medio Ambiente (TULSMA) libro VI anexo I tabla 8, son sancionadas con una fuerte multa económica y si inciden con el mismo problema serán cerradas, por lo que muchas de ellas se encuentran en un estado de reacción a dicha problemática y toma de decisiones.

Mediante lo anteriormente expuesto también hay que recalcar que cuando los efluentes de descarga de las empresas contaminantes llegan al río, provocan enfermedades tanto de carácter humano como animal, tal como anemia, cólera, diarrea, hepatitis, malaria y otras las cuales afectan directamente a la sociedad y al ambiente. Y no obstante al hablar de su tratabilidad al llegar a las respectivas plantas de tratamiento de agua de la empresa pública del cantón se hace un problema y provoca cortes del servicio público.

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de titulación pretende dar solución a la contaminación que se genera al agua descargada al alcantarillado proveniente de la Curtiembre San Vicente en la que se trata las pieles para la obtención del cuero y que durante los procesos en los que se adicionan químicos y que en su composición no se encuentran dentro de los parámetros que indica el TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente), libro VI anexo I tabla 8. Por lo que ocasiona problemas con el Ministerio del Ambiente durante cada control que lo realiza a la empresa.

Mediante la realización de análisis físico químicos que se dio al agua residual de la empresa San Vicente se obtuvo resultados los mismos que se comparan con la normativa vigente del TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente), libro VI anexo I tabla 8, que refiere a la calidad del agua residual descargada al alcantarillado para de esta manera saber que parámetros se encuentran fuera de la norma y de poder determinar que componentes de tratabilidad se puede llevar a cabo, analizar y diseñar para el agua ya sea del procesos o de los diferentes procesos para que de esta manera el agua pueda se descargada al alcantarillado cumpliendo con los respectivos parámetros, y así la empresa se ubique dentro de las empresas que cumplan con los controles y normativas ambientales.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar un sistema de tratamiento de agua de descarga de la curtiembre San Vicente, provincia de Tungurahua.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de la curtiembre San Vicente.
- Caracterizar las aguas de descarga de la curtiembre mediante análisis fisicoquímico, en base a los límites de descarga de aguas al alcantarillado indicado por el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente) libro VI Anexo 1 tabla 8.
- Indicar los parámetros que se encuentran fuera de norma del agua a tratar de acuerdo al TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente) libro VI Anexo 1 tabla 8.
- Determinar las variables del proceso para el diseño del sistema de tratamiento de agua de descarga de la Curtiembre San Vicente.
- Realizar cálculos de ingeniería para el diseño y dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua de descarga de la curtiembre San Vicente.
- Establecer alternativas de tratabilidad adecuadas para el buen funcionamiento de la planta.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.

1.1 Curtiembre.

Una curtiembre o también conocida como tenería, es una empresa que se encarga de transformar la piel del animal en cuero. Este proceso de transformación está constituido de etapas que son: ribera, curtido, post curtido y acabado.

Durante todo este proceso se utiliza una diversa cantidad de químicos que por mencionar algunos podemos citar los siguientes: Sulfuros, compuestos fenólicos, cromo, grasas, detergentes, cal, anilinas. Y también posee estiércol, sangre y sal, por lo que producen un gran impacto al ambiente.

1.2 El cuero.

El cuero proviene del latín “corium” que significa piel del animal curtida. Esta tiene unas propiedades únicas las que les brinda de resistencia y flexibilidad para su mejor manipulación. Fabricar cuero quiere decirnos que hay que realizar una transformación a la piel de tal manera que resista al estado de humedad y que no se quiebre en estado de seco, como se sabe la materia prima para la obtención del cuero es la piel animal la cual posee un sistema de distintos elementos albumínicos.

Para la formación del cuero se lleva a cabo un proceso que se lo denomina curtación en el que las partículas curtientes se incorporan a las fibras de la piel produciendo al mismo tiempo un proceso fisicoquímico. (Bayer, 2004).

En el Ecuador la elaboración del cuero es una fuente económica y de trabajo de mayor crecimiento ya que en ciertas provincias como por ejemplo la del Tungurahua, la mayoría de empresas son curtiembres y por consiguiente la fabricación de prendas, zapatos, carteras y en fin una variedad de productos con cuero se realizan y se las comercializa tanto dentro de la provincia como afuera. (Schollosser, y otros).

1.3 Curtiembre San Vicente.

En Curtiembre San Vicente, se fabrican 350 pieles de vacuno aproximadamente al mes. Estas actividades están distribuidas en tres etapas:



Figura 1-1 Actividades de la Curtiembre San Vicente.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

Elaborador por: MOYA, Juan, 2016.

1.3.1 *Requerimientos De La Planta.*

Para llevar a cabo correctamente el diagrama de flujo ya antes mencionado se necesita de 2 parámetros fundamentales que son: Agua y energía.

- Agua.- El consumo de agua en Curtiembre San Vicente, trabajando a capacidad máxima, es de **75m³ por mes**. Cabe recalcar que este insumo el adquirido de agua proviene de acequia.
- Energía.- En la siguiente tabla se demuestra el consumo que tiene la empresa con relación a la energía.

Tabla 1- 1 Consumo de energía eléctrica.

| FECHA | CONSUMO (KW/h) |
|-----------|----------------|
| AÑO 2014 | |
| Octubre | 1696 |
| Noviembre | 1571 |
| Diciembre | 1523 |
| AÑO 2015 | |
| Enero | 1228 |
| Febrero | 1314 |
| Marzo | 1119 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

1.3.2

Distribución de la Planta.

Tabla 2-1 Distribución de la planta baja.

| DESCRIPCIÓN. | ÁREA QUE OCUPA (m ²). |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Bodega de piel cruda. | 10 |
| Bombo de pelambre. | 12 |
| Bombo de curtido. | 12 |
| Bombo de teñido. | 10 |
| Maquina Divididora. | 20 |
| Maquina rebajadora. | 16 |
| Maquina lijadora. | 20 |
| Compresor. | 6 |
| Bodega insumos químicos. | 24 |
| Vestidores. | 12 |
| Batería de tanques calero. | 30 |
| Baño. | 6 |
| Zaranda. | 12 |
| Total | 190 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

Tabla 3-1 Distribución de la planta alta.

| DESCRIPCIÓN. | ÁREA QUE OCUPA (m ²). |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Administrativo. | 40 |
| Bodega producto terminado. | 25 |
| Área de acabado en seco. | 30 |
| Total. | 95 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

1.4 Descripción del proceso de la curtiembre San Vicente.

1.4.1 Procesos y Operaciones.

El proceso productivo consiste en la transformación de la piel animal en cuero. Las pieles, luego de ser limpiadas de sus grasas, carnazas, y pelos o lanas, son sometidas a la acción de diferentes agentes químicos que interaccionan con las fibras de colágeno para obtener un cuero estable y durable. Las operaciones y procesos para la producción de cuero se agrupan en cuatro etapas: etapa de ribera, curtido, post curtido y acabado.

1.4.1.1 *Ribera.*

En este primer proceso se encarga de básicamente de eliminar todo tipo de impurezas que tenga la piel tal como el ablandamiento inicial que se lo realiza con sal para después eliminar el pelo y así esté preparada para la siguiente etapa que es curtido. Dentro de este proceso existen 6 etapas que son: recepción de las pieles, salado de las pieles, remojo, pelambre, descarnado, y dividido.

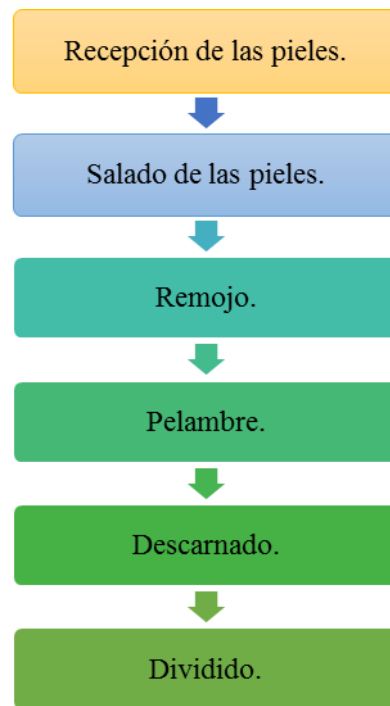


Figura 2-1 Etapa Ribera.
Fuente: MOYA, Juan, 2016.

1.4.1.1.1 *Recepción de las pieles.*

Las pieles pueden llegar a la curtiembre sin acondicionamiento alguno, como “frescas” o acondicionadas con sal, como “frescas saladas” o “secas saladas”. De todas formas se procede a clasificarlas por tipo de piel, procedencia, estado de conservación, calidad, peso y tamaño.

1.4.1.1.2 *Salado de las pieles.*

La conservación de pieles frescas, que no ingresen inmediatamente al proceso de producción, se realiza mediante la técnica de salado, en la cual se emplea sal común, en la proporción de 15 al 35 % respecto al peso de la piel a salar. La utilización de la sal tiene un objetivo y es el de ablandar las pieles debido a que al estar en contacto con la sal las fibras de colágeno de la piel se mantienen separadas una de otras y dentro de estas se depositan la sal o cloruro de sodio

NaCl, y no hay desnaturalización de proteínas por lo que al estar separadas las fibras no existe peligro de enlaces indeseados entre estas. (Adzet Adzet, 1985).

Tabla 4-1 Salado de las pieles.

| | | Sal para pieles grandes. |
|----------------------|--|--------------------------|
| Tamaño de grano. | Inferior a 0.25 mm. | Solo una pequeña parte. |
| | Inferior a 0.5 mm. | 20-30% |
| | Entre 0.5 y 1 mm. | 30-50% |
| | Inferior a 1.04 mm. | Max 45% |
| | Entre 1 y 2 mm. | 20-30% |
| | Entre 1.04 y 2.45 mm. | Min 47% |
| | Superior a 20 mm. | Solo una pequeña parte. |
| | Superior a 2.45 mm. | Max 7.5% |
| Composición Química. | Cloruro sódico. | Min 98-99% |
| | Sales de Magnesio y Calcio, calculadas como sulfato (sin adición de carbonato sódico). | Max 1% |
| | Insolubles (sin adición de carbonato). | Max 0,5% |
| | (Con adición de carbonato). | Max 1% |
| | Hierro calculado como óxido de hierro. | Max 0,03% |
| | Humedad. | Max 2% |

Elaborado por: Juan Pablo Moya.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

1.4.1.1.3 Remojo.

Es la primea operación en el proceso para la obtención del cuero y consiste en tratar con agua dentro de una tina o bombo, cuyo objetivo es limpiar a la piel de toda material extraño y devolverlas a un estado de hidratación. Las pieles frescas no necesitan un remojo sino un lavado a fondo para limpiar la piel eliminando la sangre y excrementos.

En el caso en que las pieles estén saladas además de limpiarlas se debe eliminar la sal común y regresar la piel a un estado original de hidratación. La salmuera que se escurre de la piel salada contiene proteínas solubles y que se eliminan durante el proceso.

En esta etapa se adicionan bactericidas, humectantes y detergentes a las pieles sumergidas en el agua que se utilice para el proceso, y que la finalidad de estos agentes químicos utilizados es que nos ayuda a limpiar la piel de la sangre y estiércol que se quedan dentro de los pelos, y también sirve para remover la sal de la piel que se ha quedado como residuo de la anterior etapa. (Bayer, 2004).

Esta operación genera aguas residuales caracterizadas por un pH neutro, y que se presenta en general: estiércol, suero de sangre, proteínas solubles, tensoactivos, carbonato sódico, cloruro sódico, y naftalina, siendo estos los principales ya que pueden existir otros que dependan de las condiciones de operación que se lleven a cabo.

En el remojo se utiliza agua de lagos ríos o simplemente pozos municipales los mismo que cuentan con las impurezas de la piel y la sal y se considera mucho la dureza del agua durante esta operación ya que se prefiere agua libre de materia orgánica y especialmente bacterias.

Al efectuar un remojo con un porcentaje de agua del 100%, el 12.5% pertenece a la sal común y el 44.5% es de humedad perteneciente a la piel dentro de esta operación.

1.4.1.1.4 Pelambre.

Para esta etapa las pieles tienen por objetivo:

1. Eliminación de la piel superior (epidermis).
2. Eliminación de pelos, escamas, etc.
3. El relajamiento, el esponjamiento de la estructura fibrosa del corion (piel de curtido) y el emulsionado de la grasa de la piel.

Para llegar a la operación de pelambre las pieles deben estar limpias y bien hidratadas para adicionar sulfuro de sodio y cal conjuntamente en adición con agua para eliminar principalmente la epidermis y la lana de la piel, aflojando las fibras de colágeno a fin de atacar a la queratina del pelo y la epidermis y sacar completamente todo tipo de pelo adherido a esta.

La cal es un medio auxiliar utilizado para ablandar el pelaje utilizándose en forma calcinada o como hidrato de cal. La cal calcinada hay que apagarla con el mismo volumen o cantidad de agua transformándole el óxido de calcio en hidróxido de calcio para más luego diluirla más y obtener cal apagada (lechada de cal) tres veces más fuerte que la misma cal viva por lo que se tiene un pH alcalino.

Mientras que el sulfuro de sodio se utiliza para reforzar y acelerar el relajamiento capilar, el aflojamiento de la estructura fibrosa y la acción que es de carácter emulsionante sobre la grasa de la piel.

Obteniendo sulfhidrato de sodio y cálcico que provoca un fuerte relajamiento capilar dañando fuertemente los pelos mientras que la sosa caustica que se obtiene ayuda a obtener una hinchazón considerable en la textura fibrosa de la piel.

El agua que se descarga de esta etapa tiene una carga contaminante tan grande que en algunos casos llegan a formar parte del 50% del total del agua que se descarga en una curtiembre. Estas aguas poseen un pH alto de entre 12 a 14, gran contenido de pelo, proteínas, cal, sulfuros y una cantidad pequeña de grasa.

1.4.1.1.5 Descarnado y dividido.

El descarnado es la operación que separa, por efecto de un corte mecánico, los residuos de la carne, grasa subcutánea y tejido conectivo que se encuentra en la piel, la curtiembre San Vicente cuenta con una moderna descarnadora. Generalmente, el descarnado mecánico, emplean un chorro de agua para evitar que se almacene material (carnaza) debajo de la piel a descarnar.

La operación de dividido, como su nombre lo indica, las pieles son divididas en flor (parte externa) y descarne o cerraje (parte interna), aquí se logra conseguir regular el grosor de las pieles mediante el corte horizontal que se lo realiza en una divididora mecánica regulada.

Por lo general, el dividido se realiza después de las operaciones de pelambre y descarnado, previo a la operación de desencalado. Estas etapas son convenientes ya que una piel más delgada absorbe los reactivos químicos de mejor manera durante el proceso de curtido que es la siguiente. El espesor resultante dependerá del producto a obtener, cuero para calzado, vestimenta, tapicería etc. Normalmente solo se dividen pieles de vacuno por encima de los 14 pies cuadrados de área.

1.4.1.2 Curtido.

En este proceso se lleva a cabo la utilización del cromo como componente único para estabilizar el colágeno de la piel y transformarle en cuero, esto genera una descarga líquida con pH bajo. Dentro de este proceso podemos encontrar las siguientes etapas: desencalado y purgado, piquelado, curtido y basificado, y wet-blue.

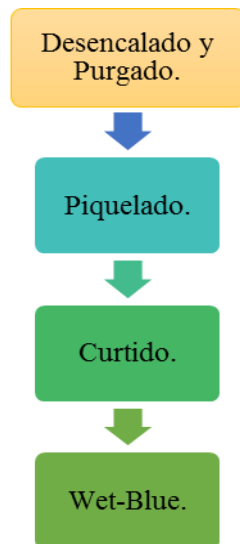


Figura 3-1 Etapas Curtido
Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

1.4.1.2.1 *Desencalado y Purgado.*

Desencalado.- Después de las operaciones de descarnado y dividido se procede a pesar las pieles para tener referencia en la dosificación de insumos químicos, luego se procede a colocarlas en bombos de curtido.

El objetivo del desencalado es remover el calcio de la piel, utilizando principalmente sales de amonio para que de esta manera se evite interferencias posteriores al adicionar el cromo en el curtido. Además, el desencalado permite neutralizar la piel y detiene su hinchamiento y remueve el sulfuro permanente, mediante lavados con agua y la adición de reactivos químicos que por lo general bisulfito de sodio.

Para eliminar la cal se debe hacer lavados previos al desencalado de la piel en tripa, y si se repite los lavados 3 a 4 veces obtendríamos una agua libre de hidróxido de calcio, pero para eliminar la cal con los grupos carboxílicos del colágeno es necesario emplear agentes desencalantes, estas suelen ser ácidos o sales amónicas que al combinarse con los productos alcalinos de la piel apelambrada conjuntamente con el agua se elimina la cal por simple lavado.

Al tratar una piel remojada con producto alcalino tal como es el hidróxido sódico, los grupos hidroxilo del álcali llegan a reaccionar con los grupos amino del colágeno neutralizándose las cargas positivas con las negativas de los iones hidroxilos. Cuando se utiliza ácido sulfúrico se forma un líquido aceitoso e incoloro, que se utiliza para estabilizar el colágeno y se utiliza mucho para desencalar. (Adzet Adzet, 1985).

La cantidad que se forma de sulfato de calcio Ca_2SO_4 presente a la salida con la temperatura de salida de 38°C se disuelve en el agua.

Estas descargas se caracterizan por tener contenido en sales cálcicas solubles, sustancias pigmentarias, proteínas solubles y elevado el contenido de nitrógenos debido a sales amoniacales y tienen un pH entre 7-8.

Purgado.- El purgado tiene como objetivo eliminar las proteínas no colágenas mediante una limpia de la estructura fibrosa de la piel empleando enzimas proteolíticas, como la tripsina y también el cloruro de amonio para provocar una eliminación de proteínas no estructuradas, incluyendo algunas raíces de pelos remanentes en la piel, a fin de mejorar la textura del cuero.

En conclusión el purgado se realiza mediante el tratamiento de las pieles con enzimas pancreáticas y/o bacterianas, a fin de que la piel esté idealmente constituida de solo proteína colágena.

1.4.1.2.2 Piquelado.

Después de haberle descalcado a la piel, muchas veces la piel no resulta completamente libre de cal ya que para obtener una buena curtación es necesario intercalar con un piquelado que es acidificar la piel y adaptarla a la fase de curtación. Por lo que el piquelado tiene como objetivo llevar las pieles al pH requerido para el curtido entre 2.8 y 3.5 al mismo tiempo, detener cualquier tendencia al hinchamiento ácido. Por lo que normalmente se emplea cloruro de sodio y ácido sulfúrico y/o ácido fórmico.

Este tipo de aguas posee una alta carga contaminante por las concentraciones de cloruro sódico y ácidos lo que le confiere un pH de 1-3.

En esta operación se debe tener cuidado con el grado de acidez por lo que se debe tomar en cuenta el pH del mismo empleando un pH-metro o un indicador tipo fenoltaleína. También se debe controlar los grados Baumé (medidor de densidad del líquido), el olor, color etc.

1.4.1.2.3 Curtido.

El principal propósito del curtido es convertir las pieles en material no putrescible. En la fibra del colágeno se fijan los agentes curtientes, estabilizándolas a través de uniones químicas cruzadas es decir uniones químicas entre fibras. Dependiendo del tipo y cantidad del curtiente

añadido a las pieles, se producen diferentes tipos de cuero. En la Curtiembre San Vicente aplican la curtición mineral, con sales de cromo comercial.

El cuero al cromo se utiliza para dar un tonalidades intensa, aquí el punto isoelectrico (pH con carga neta cero) del cuero una vez curtido con el cromo debe encontrarse entre los 6 y 7 mientras que las pieles curtidas con cromo básico con carga negativa presentan un punto isoelectrico de 3.8 a 4.8. Los compuestos del cromo más conocidos en formación en la operación de curtido es el cromo hexavalente y trivalente.

En la industria del cuero es muy importante analizar la cantidad de cromo o dicromato de los licores de cromo por reducción, la cantidad de óxido de cromo tal como su basicidad en las sales de cromo y en los baños de cromo presentes ya en los baños residuales y los índices de floculación en los baños de curtación.

Es la otra porción después del agua de pelambre la más importante en aspecto ambiental, debido a que esta agua contiene cromo, encontrando como sales de cromo, fibras de cuero en suspensión, grasas emulsionadas y posee un pH de 3-4.

1.4.1.2.4 Wet Blue.

La acción del cromo hace que el material en este caso el cuero ya propiamente dicho sea más estable y que impida su degradación por lo que después de la curtición al cromo, el cuero se escurre, rebaja y divide mecánicamente para obtener el “wet blue”, cuya denominación se debe al simple color azul verdoso que se obtiene por la presencia del sulfato de cromo en el cuero. Cabe recalcar que dichos cueros que no sean sometidos al cromo se los conocen como wet White que significa blanco húmedo.

1.4.1.3 Post-Curtido.

Este proceso se caracteriza por proporcionar al cuero primero una homogenización con el raspado y rebajado previo al escurrido y también proporciona de un refuerzo de la curtición al cromo tal como el neutralizado, recurtición, tintura y engrase. Lográndose dar las características, textura y color de cuero, para posteriormente según la calidad de flor de los cueros determinar el tipo de acabado que llevará el producto final.

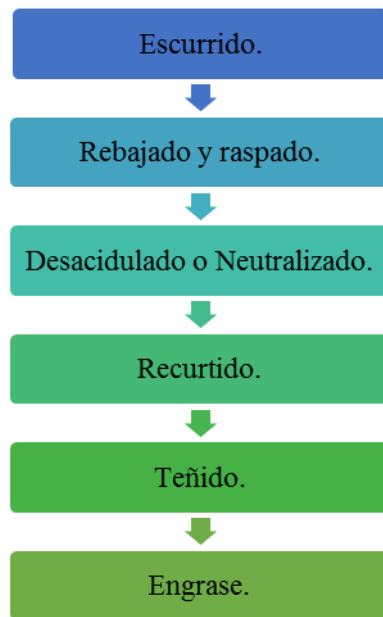


Figura 4-1 Etapas Post-Curtido.

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

1.4.1.3.1 Escurrido.

Es la etapa en donde se recoge una proporción de humedad wet blue (azul húmedo), en esta la descarga de efluente no es de mucha importancia pero existe un residual importante de cromo y bajo en pH.

1.4.1.3.2 Rebajado y raspado.

El rebajado es la separación de la flor del lado de la carne de la piel y el raspado le da el espesor definido y homogéneo al cuero esto a su vez produce aserrín que tiene cromo en los que utilizaron curtido mineral.

1.4.1.3.3 Neutralizado.

Si se seca al cuero curtido al cromo sin neutralizarlo y al colocarlo al contacto con diversos metales en condiciones desfavorables de temperatura elevada se observaría una corrosión al metal, por lo que la acidez del cuero y en parte a la presencia de sales tales como el cloruro sódico es un producto muy agresivo y más a los metales, este en contacto con la piel puede provocar irritaciones en la zona de contacto y deteriorando el cuero.

El cuero como producto en curtido debe tener una norma de pH entre 3.5 a 4.5 en extracto acuoso y no debe sobrepasar de los 5.5 ya que podría haber una recurtición por la rotura de las uniones entre moléculas de cromo y los grupos carboxílicos de la piel.

1.4.1.3.4 Recurtido.

En esta operación el cuero quiere adquirir la presencia final y aquí es cuando se corrigen los problemas de flor suelta o en partes flojas de la piel, cueros armados desparejos entre otros, por lo que esta etapa es muy importante porque influirá a las siguientes operaciones como en el engrase, teñido y acabado por lo que definirá las características finales del cuero.

1.4.1.3.5 Teñido.

Un teñido sirve para dar color al cuero, se lo realiza en los bombos mediante colorantes que en su composición son óxidos metálicos. Ahora si bien tenemos un cuero que está ya casi procesado un 80% debe tener alguna apariencia que según para donde se va a comercializar y que finalidad tiene se escoge una anilina o colorante u óxido metálico el cual dará color al cuero y ayudara a visibilizar de mejor manera todas las partes del cuero. Disminuyendo también de esta manera los defectos de la flor para así mejorar su apariencia, adaptarlo a la moda e incrementar su valor comercial.

1.4.1.3.6 Engrase.

Durante las diferentes etapas previas a llegar a las últimas como las de engrase se eliminan la mayor parte de los aceites naturales de la piel, por lo que el cuero no tiene suficientes lubricantes para que se seque, sin embargo las pieles poseen una turgencia y flexibilidad agradable debido a la gran cantidad de agua que contienen, es por eso que durante esta etapa se trata de lubricar al cuero para que se pueda secar con mayor facilidad proporcione de una lubricación superficial de mayor flexibilidad, resistencia a la tracción, alargamiento, impermeabilidad al agua, ya que de esta depende el grado que haya tenido la piel en si en composición de grasa.

La emulsión en los productos engrasantes entra en los espacios interfibrilares rompen y entran en las fibras esta se logra solo por la acción mecánica del tambor en movimiento, y junto a ellos las relativas tensiones superficiales, capilaridades y absorciones.

En la medición del punto isoeléctrico del cuero dependerá por el tipo de curtido que se haya realizado, siendo que si el pH es menor que el punto isoeléctrico reaccionara como catiónico enlazando los productos aniónicos y si el pH es superior será lo contrario.

1.4.1.4 *Acabado.*

Finalmente, con el objeto de eliminar la humedad se seca el cuero al ambiente y bajo sombra, previo desvenado o alisado; se pasan los cueros por la máquina prensadora, se da acabados de color deseado, se sana, se empaqueta y se expende al cliente. Dentro de este proceso se cuenta con las siguientes operaciones: secado, acondicionado y pintado

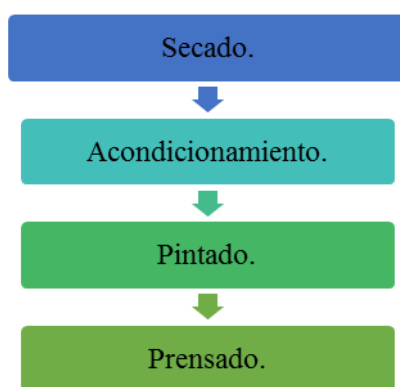


Figura 5-1 Etapas Acabado.
Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

1.4.1.4.1 *Secado.*

En esta etapa el cuero necesita sacar toda la cantidad de agua que tiene y que adquirió durante todos los procesos anteriores y reducir así su contenido de agua por lo menos de un 14% para así equilibrar el peso. Hoy en día y muy comúnmente esta etapa se lo realiza de acuerdo a cada economía en la que la empresa se desenvuelva, ya que existen unas que utilizan secadores en los que utilizan aire caliente mientras que por otro lado también existe secaderos atmosféricos que son lo que se los saca en un día caluroso a secar al sol.

Dentro de esta etapa hay que tomar en cuenta los factores que influyen en el secado tales como los espesores cuanto mayor el espesor mayor tiempo de secado, como cuando es curtido con cromo se necesita un gradiente recomendable de 60 a 90°C y los que son curtidos con taninos un gradiente oscilando los 35 a 50°C.

Al llegar a este punto, el cuero se halla impregnado en agua, que fue el vehículo de todas las operaciones anteriores, por lo que pesa el triple de lo que pesa estando seco y el secado consiste

en evaporar gran parte del agua que contiene hasta reducir su contenido al 14% aproximadamente.

Antiguamente para secar las pieles se las colgaba al aire y si se necesitaba acelerar el proceso por motivos de condiciones ambientales demasiado húmedas, se utilizaba aire caliente en diversos tipos de secadero.

1.4.1.4.2 Acondicionamiento.

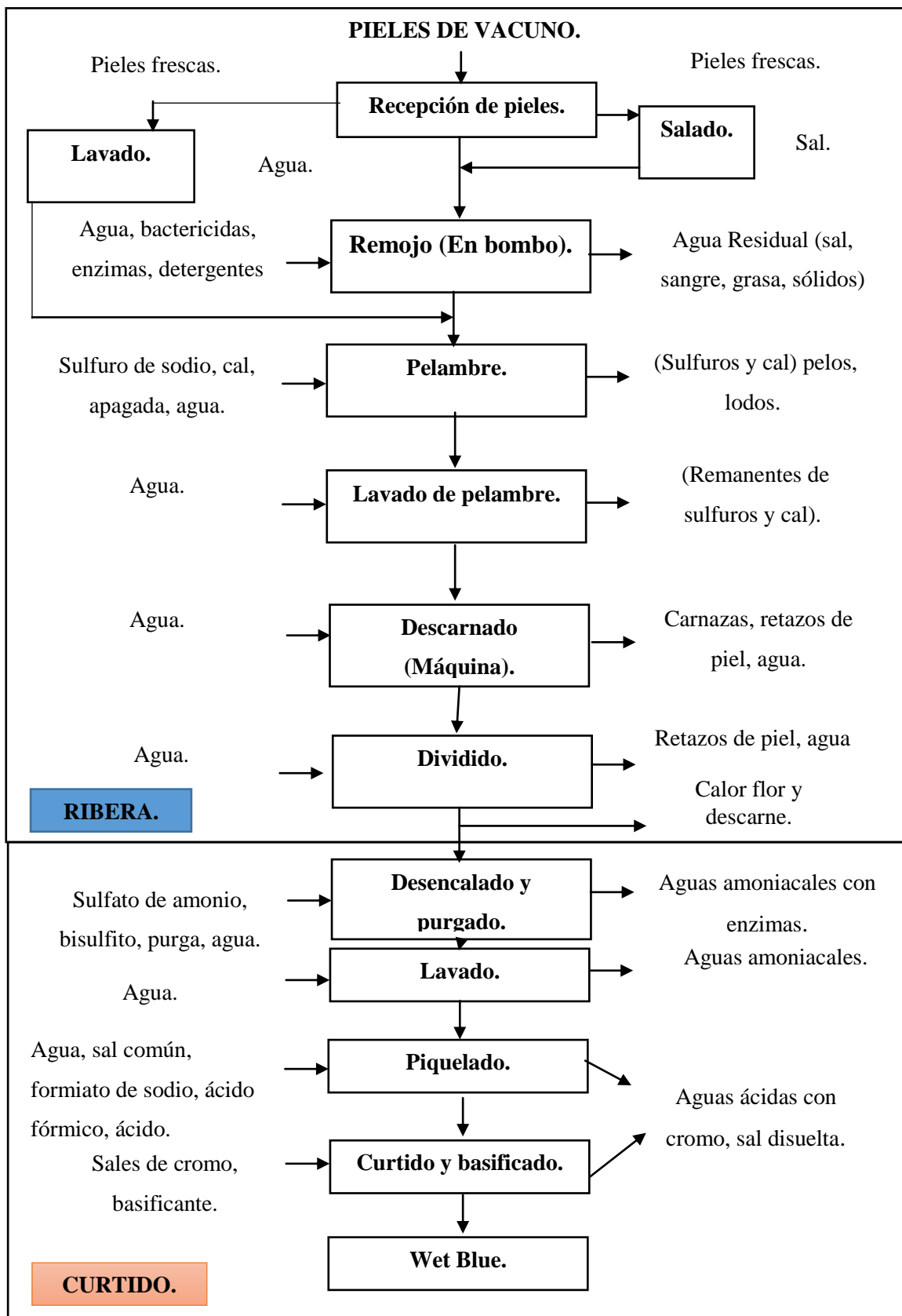
Para este proceso se realiza una serie de operaciones que darán el artículo final a obtener y que por lo cual el cuero debe tener ya una cierta cantidad de humedad y que dentro de esta debe ser homogénea dentro de todo el espesor del cuero y que el acondicionamiento tiene la finalidad de rehumedecer uniformemente las superficies consiguiendo así un secado más viable y eficiente.

1.4.1.4.3 Pintado.

En esta fase la operación a realizarse es solo visual, darle color mediante un compresor preparando diferentes pinturas para ser roseadas al cuero propiamente dicho ya para darle más que un buen aspecto aumentar su precio de venta al público.

1.4.1.4.4 Prensado.

Cuando el cuero ya está totalmente terminado se le da forma llevándole por medio de presión a una prensa la cual se le da la forma que en el cuero lo lleve para de esta manera ser enviada como ya producto terminado, aunque cabe recalcar que para esta operación se debe haber cumplido todos los procesos anteriormente dichos y previamente seco el cuero.



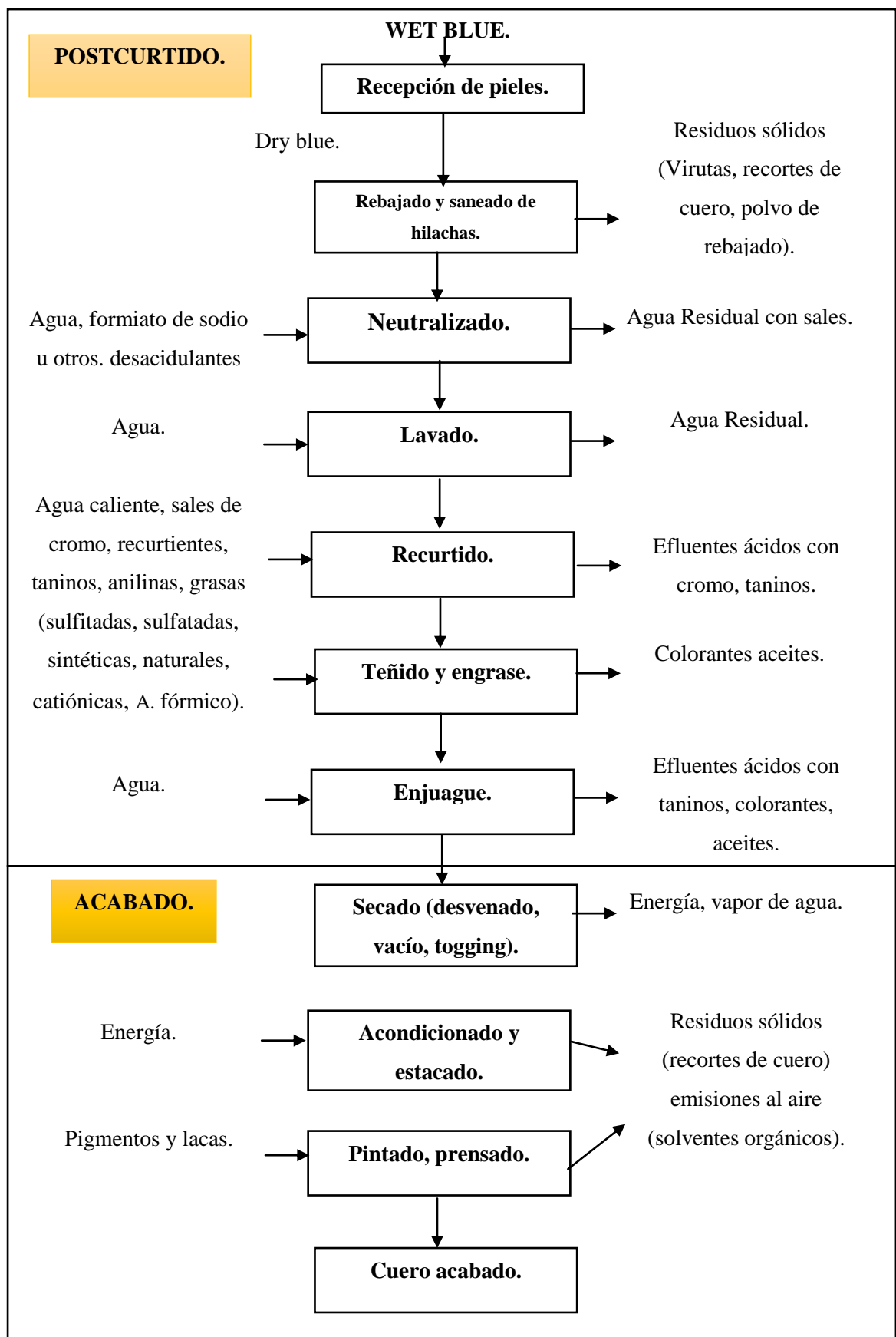


Figura 6-1 Flujograma de procesos.

Fuente: Curtiembre San Vicente.
Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

1.4.3 *Insumos químicos.*

Tabla 5-1 Consumo de químicos en Ribera.

| ETAPA. | PROCESO. | INSUMO. | DOSIFICACIÓN (%) SOBRE PESO DE PIEL CRUDA. |
|----------------|-----------------|-------------------|---|
| Ribera. | Lavado. | Agua. | 100.0 |
| | | Tensoactivos. | 0.2 |
| | Remojo. | Agua. | 100.0 |
| | | Tensoactivos. | 0.2 |
| | | Enzima de remojo. | 0.1 |
| | Pelambre. | Agua. | 80.0 |
| | | Sulfuro de sodio. | 1.5 |
| | | Cal. | 1.5 |
| | Caleado. | Agua. | 150.0 |
| | | Cal. | 2 |
| | Lavado. | Agua. | 200 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

Tabla 6-1 Consumo de químicos en curtido.

| ETAPA. | PROCESO. | INSUMO. | DOSIFICACIÓN (%) SOBRE PESO DE PIEL DIVIDIDA. |
|-----------------|-----------------|-----------------------|--|
| Curtido. | Desencalado. | Agua. | 50.0 |
| | | Sulfato de amonio. | 0.5 |
| | | Bisulfito de sodio. | 0.2 |
| | | Desencalantes BIOD. | 1.0 |
| | Purga. | Enzimas pancreáticas. | 0.15 |
| | Lavado. | Agua. | 150.0 |
| | Piquel. | Agua. | 50.0 |
| | | Sal. | 6.0 |
| | | Ácido fórmico. | 0.8 |
| | | Ácido sulfúrico. | 0.9 |
| | Curtido. | Sal de cromo. | 6.0 |
| | | Basificante. | 0.4 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

Tabla 7-1 Consumo de químicos en post curtido.

| ETAPA | PROCESO | INSUMO | DOSIFICACIÓN (%) SOBRE PESO DE PIEL CRUDA |
|---------------------|----------------|-------------------|--|
| Postcurtido. | Lavado. | Agua. | 100.0 |
| | | Ácido fórmico. | 0.2 |
| | Neutralizado. | Sal de cromo. | 2.0 |
| | | Fórmico de sodio. | 1.5 |
| | | Neutralizante. | 2.0 |
| | Lavado. | Agua. | 100.0 |
| | | Dispersante. | 2.0 |
| | | Recurtientes 1 | 3.0 |
| | | Anilina. | 3.0 |
| | | Agua caliente. | 80.0 |
| | | Recurtientes 2 | 6.0 |
| | | Ácido fórmico. | 2.0 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

1.4.4 Maquinaria utilizada.

La maquinaria que se ocupa solo para la producción del cuero son:

- Bombo para la etapa de pelambre y curtido.
- Bombo para la etapa de recurtido y teñido.
- Bombo para post curtido.
- Rebajadora.
- Divididora.
- Gamusadora.

1.4.4.1 Bombo para la etapa de Pelambre y curtido.

En este bombo se realiza las operaciones de pelambre y curtido previo a un respectivo lavado dentro de las dos condiciones. Las dimensiones son de 2.8 m por 2.8 m con un motor de 10 Hp, una capacidad de 100 cueros al día siendo un marca nacional.



Foto 1-1 Bombo para la etapa de Pelambre y curtido.
Fuente: Curtiembre San Vicente.

1.4.4.2 Bombo para la etapa de recurtido y teñido.

En este bombo se continúa con las operaciones de recurtido y teñido siendo este un bombo, posee unas dimensiones de 2.8 m por 2.8 m, un motor 10 Hp con una capacidad de 80 cueros día y con marca nacional.



Foto 2-1 Bombo para la etapa de recurtido y teñido.
Fuente: Curtiembre San Vicente.

1.4.4.3 Divididora.

Sirve para dividir las pieles posee un ancho útil de 1.5 m, un motor de 10 Hp marca TURNER con capacidad de 100 cueros al día.



Foto 3-1 Divididora.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

1.4.4.4 *Rebajadora.*

La función de esta máquina es de dar espesor al cuero curtido, posee un ancho útil de 0.6 m, motor de 20 Hp, capacidad de 100 cueros al día y marca Svit.



Foto 4-1 Rebajadora.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

1.4.4.5 *Gamusadora.*

La función es de ligar la flor, posee un ancho útil de 0.6 m un motor de 15 Hp, tiene una capacidad de 150 cueros al día es de marca TURNER y es totalmente operativa.



Foto 5-1 Gamusadora.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

Tabla 8-1 Velocidad requerida de bombo para el proceso de elaboración del cuero.

| BOMBO DESTINADOS A: | VELOCIDAD PERIFÉRICA. | VELOCIDAD EN RPM. 2000 MM. |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Pelambre. | 0,20 | 2 |
| Desencalado. | 0,50 | 5 |
| Curtación cromo. | 1,2 - 1,8 | 12 – 18 |
| Tintura- engrase. | 1,6 – 2 | 16 – 20 |
| Ablandado. | 1,4 – 2 | 14 – 20 |

Elaborado por: Juan Pablo Moya

Fuente: (Cueronet.com, 2015).

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

1.5 Marco legal referente a las descargas líquidas al sistema de alcantarillado público.

1.5.1 Texto Unificado De Legislación Ambiental Secundaria LIBRO VI: Calidad Ambiental Título I: Disposiciones Preliminares.

Art. 1 Ámbito.- El presente Libro establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Se entiende por calidad ambiental al conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza.

Art. 2 Principios.- Sin perjuicio de aquellos contenidos en la Constitución de la República del

Ecuador y las leyes y normas secundarias de cualquier jerarquía que rijan sobre la materia, los principios contenidos en este Libro son de aplicación obligatoria y constituyen los elementos conceptuales que originan, sustentan, rigen e inspiran todas las decisiones y actividades públicas, privadas, de las personas naturales y jurídicas, pueblos, nacionalidades y comunidades respecto a la gestión sobre la calidad ambiental, así como la responsabilidad por daños ambientales.

1.5.2 Anexo 1 libro vi tabla n° 8 Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente:

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Clasificación.

Normas generales de descarga de efluentes:

1. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
2. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
3. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
 - a) Descarga a un cuerpo de agua dulce.
 - b) Descarga a un cuerpo de agua marina.
4. Permisos de descarga.
5. Parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas.

1.5.3 Normativa Ambiental.

Art. 264: Habla sobre las competencias municipales, en el cual menciona que deberán velar por la naturaleza regulando y prestando el servicio de depuración de aguas residuales.

Art. 415: “El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes.

Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías”. (Asamblea Constituyente, 2008).

En conclusión estos artículos mencionan acerca del tratamiento de aguas residuales, obligando a un adecuado manejo de desechos líquidos de manera que no sea perjudicial para otras redes de agua, logrando mantener un ambiente sano conservando la calidad del agua.

1.5.4 Ley de Gestión Ambiental.

Art. 7.- La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el Presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano.

Los planes mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo. El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional y será preparado por el Ministerio del ramo.

Para la preparación de las políticas y el plan a los que se refiere el inciso anterior, el Presidente de la República contará, como órgano asesor, con un Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable, que se constituirá conforme las normas del Reglamento de esta Ley y en el que deberán participar, obligatoriamente, representantes de la sociedad civil y de los sectores productivos.

Art. 18.- El Plan Ambiental Ecuatoriano, será el instrumento técnico de gestión que promoverá la conservación, protección y manejo ambiental; y contendrá los objetivos específicos, programas, acciones a desarrollar, contenidos mínimos y mecanismos de financiación así como los procedimientos de revisión y auditoría.

1.5.5 Ley Orgánica de Salud.

Art. 6.- Es responsabilidad del Ministerio de Salud Pública regular, planificar, ejecutar, vigilar e informar a la población sobre actividades de salud concernientes a la calidad del agua, aire y suelo; y, promocionar espacios y ambientes saludables, en coordinación con los organismos seccionales y otros competentes.

Art. 103.- Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias.

1.5.6 *Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales (IEOS).*

Normas ecuatorianas en donde establecen los criterios básicos del diseño para el tratamiento de aguas residuales al igual que los sistemas de abastecimiento de agua potable, tomando como referencia sistemas y procesos con tecnología adecuada.

En las normas IEOS (Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias), constan de varias partes en donde se trata desde definición de términos, etapas a considerarse en el proyecto, normas de la calidad de agua con la concentración aceptable de las sustancias contaminantes, disposiciones específicas acerca de los requisitos para el diseño de los equipos a emplearse en el sistema; entre otros puntos los cuales se detallan en la mencionada norma.

1.5.7 *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).*

Se tomara como referencia la norma técnica 2198:98 que trata de la calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras; en la cual hace mención acerca de lineamientos específicos al momento de la toma de muestra de manera que sea significativa y los resultados no se distorsionen.

1.6 Aguas Residuales.

Cada una de las actividades diarias humanas está relacionada principalmente con el uso de agua, en la que se va añadiendo a esta, sustancias cambiando así su composición y características generando así las denominadas aguas residuales las que están conectadas a un sistema de alcantarillado a través del cual normalmente las aguas residuales tratadas o no son descargadas directamente a un cuerpo receptor alterando así ecosistemas y sistemas de producción y riego. (Ramalho, 2003).

1.6.1 *Fuentes de Aguas Residuales.*

Según (Ramalho, 2003) las cuatro fuentes fundamentales de aguas residuales son:

- Aguas Domésticas o Urbanas
- aguas residuales industriales
- Escorrentías de usos agrícolas
- Pluviales

1.6.2 *Composición de las aguas residuales.*

Se llama composición de las aguas residuales a la gran variedad de componentes que presentan, a estos componentes se los ha clasificado en: físicos, químicos y biológicos; permitiendo de forma global la caracterización de las aguas residuales, para conocer el material orgánico y la cantidad de sólidos que transportan, permite conocer los efectos de la descarga a cuerpos de agua natural, así como también seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que proporcionaran más eficacia y resultaran más económicos. (Crites, y otros, 2000).

La caracterización de las aguas residuales nos provee información de su contenido en contaminante y en microorganismos patógenos, ya que estos son capaces de causar enfermedades. (Romero, 2002).

1.6.3 *Tipos de aguas residuales.*

1.6.3.1 *Aguas Residuales Domésticas.*

Estas aguas están consideradas por las ocupaciones en las que se realizan en los hogares al agua potable en el consumo de los lavados tanto ya sea de platos cuerpo servicios higiénicos y similares, por lo que la calidad de esta es un problema para su correcta descarga y disocian por lo que genera problemas socioeconómicos y culturales.

1.6.3.2 *Aguas Residuales Industriales.*

Son aguas que han sido netamente utilizadas para los procesos que se realizan en las empresas en las que generen transformaciones físicas y químicas de cualquier materia y generen algún bien en particular, por lo que estas se someten a cambios drásticos de variación en su composición cambios de temperatura y requieren de un estudio inmediato y fuere el caso de su reutilización.

1.6.3.3 *Aguas Residuales Urbanas.*

Son las que más control se las realiza ya que estas son el resultado de las aguas utilizadas en el área industrial y domesticas que se llegan a mezclar las que son enviadas a un sistema colector y enviados a un EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) las que trataran de eliminar en su totalidad los componente y bajarlos para que estén dentro de los parámetros permisibles.

1.7 *Parámetros para evaluar la contaminación en el agua de la curtiembre San Vicente.*

Para aguas de descarga de aguas residuales al alcantarillado procedentes de empresas del tipo tenerías o curtiembres se toman parámetros específicos de la tabla tales como análisis de: tensoactivos, compuestos fenólicos, grasas y aceites, pH, cromo hexavalente, sulfuros, sulfatos, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos sedimentable totales y disueltos y arbitrarios a estos para análisis de calidad de agua para una planta de tratamiento es necesario saber alcalinidad, turbidez, conductividad cloruros y temperatura.

A continuación voy a citar los análisis que se deben realizar para realizar un correcto tratamiento de aguas residuales según (Romero, 2002) en una curtiembre:

1.7.1 *Sólidos Sedimentables.*

Los sólidos sedimentables hacen referencia a toda materia orgánica o inorgánica de tamaño considerable pero que por medio de gravedad tiende a sedimentar durante un tiempo considerado proporcionando una idea de la velocidad de sedimentación de material insoluble y que se expresa en ml/L y se utiliza para prever y diseñar un sistema de decantación.

1.7.2 *Sólidos suspendidos.*

Este resultado nos sirve para ver la carga contaminante presente en suspensión y el grado que puede mostrar la deshidratación de los lodos, en este se distingue la parte que es mineral con la que es orgánica y se expresa en mg/L.

1.7.3 *Sólidos totales Disueltos.*

Se abrevia con TDS y nos indica cuanta materia suspendida o disuelta está en la muestra, midiendo específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos de carácter

orgánicos) a través del paso por una membrana con poros de 2 μm . Esto puede afectar a la calidad del agua tal como su interferencia al medir la conductividad de la misma y dando al consumo humano un mal agrado al paladar, y su medición se expresa en ppm o mg/L.

1.7.4 *Demanda Química de oxígeno.*

Se la abrevia DQO. Todo tipo de muestra ya sea que contenga material orgánico o inorgánico se oxida mediante una solución fuertemente ácida como el ácido sulfúrico H_2SO_4 con exceso de dicromato de potasio $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ en presencia del sulfato de plata AgSO_4 que reacciona como catalizador y que para remover la interferencia de los cloruros de adiciona sulfato mercurico HgSO_4 y después de existir una digestión forma el cromato de potasio $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sin reducirse titulándose con el sulfato ferroso de amonio y como indicador final se utiliza un complejo ferroso de orto fenantrolina dando de esta manera el grado de contaminación que se oxida en presencia de químicos tales como el permanganato o dicromato y se expresa en mg/L.

1.7.5 *Demanda biológica de oxígeno.*

Se abrevia como DBO_5 y expresa a la cantidad de oxígeno que los microorganismos tal como las bacterias ya sean aerobias o anaerobias, facultativas, hongos y plancton consumen para la degradación de las sustancias orgánicas presentes en la muestra expresándose esta en mg/L. De tal manera que nos proporciona el grado de contaminación que se oxida durante reacciones biológicas y que dicho proceso dura 5 días y se lo conoce como DBO_5 y que su punto final es de determinación muy variable y difícil.

1.7.6 *pH.*

Es la concentración de iones hidrogeno determinado con el logaritmo del mismo y nos indica la naturaleza del agua que si es acida o alcalina. Se utiliza con dos fines, el primero para dar cuenta del parámetro de contaminación y el otro como referente para tomar técnicas de depuración.

1.7.7 *Sulfatos.*

Los compuestos sulfatados se originan por la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos y particularmente los residuos industriales, pero de manera ambiental se puede adquirir por constituyentes disueltos de la lluvia.

Las bacterias atacan y reducen a los sulfatos y hacen que se forme sulfuro de hidrógeno en estado gas H_2S .

1.7.8 *Sulfuros.*

El sulfuro en las aguas residuales se produce por reducción bacteriana de sulfatos. Su determinación se realiza por métodos e isométricos y titulándose con el tiosulfato de sodio. Es necesario saber la cantidad de sulfuro ya que sirve para eliminarlos posibles desprendimientos de ácido sulfhídrico. Y debido a su grado de toxicidad es de mucha importancia y se expresa en mg/L.

1.7.9 *Cromo hexavalente.*

La presencia de cromo se da debido al uso en la operación de curtido en la que se puede encontrarse de manera trivalente o hexavalente. Este parámetro se mide a muestra en un espectrofotómetro mediante una longitud de onda de 540 nm haciendo reaccionar el cromo hexavalente con 1.5- difenilcarbazida en medio ácido por lo que nos da una coloración roja. La presencia de este puede inhibir los procesos biológicos y se determina como cromo hexavalente expresado en mg/L.

1.7.10 *Compuestos fenólicos.*

Los compuestos fenólicos son contaminantes característicos de las industrias tales como: conservas vegetales, resinas, plásticos, pinturas, textiles etc., siendo su presencia perjudicial como sustancia tóxica y corrosiva difícil de degradar.

Para tratar los compuestos fenólicos presentes en las aguas residuales se utiliza oxidación húmeda, en general en industrias que utilizan compuestos orgánicos e inorgánicos. La oxidación del fenol en fase acuosa se da mediante mecanismos de radicales libres. Son componentes tóxicos que de igual manera inhiben los procesos biológicos y se expresa en mg/L.

1.7.11 *Cloruros.*

Los iones Cloruro Cl^- suelen asociarse con los iones Na^+ cuando forman sales solubles. En el caso de la curtación las pieles poseen porcentaje de sal en medio acuoso lo que hace que su medida sea de suma importancia para establecer límites de descarga y tratamiento.

1.7.12 *Alcalinidad.*

Debido a que en el agua de pelambre tenemos un pH de 12-14 es necesario saber cuan alcalina es el agua, ya que según este parámetro podríamos determinar carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, y no obstante también la presencia de algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos que también pueden contribuir a la alcalinidad y que es de suma importancia para el tratamiento del agua.

1.7.13 *Turbidez.*

Es la capacidad que el agua tiene para reflejar o transmitir rayo de luz y la poca visión de esta se debe a la presencia de materia coloidal o en suspensión. Se calcula con una célula fotoeléctrica proporcionando de resultados cuya unidad es en NTU (Unidades de Turbidez Nefelométrías).

1.7.14 *Conductividad.*

La conductividad nos demuestra la capacidad que tiene el agua para hacer conducir la electricidad y cabe recalcar que la resistencia es la medida inversa y no indica cuanta materia ionizante posee el agua. Se mide con el conductímetro siendo la unidad de micro siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

1.7.15 *Tensoactivos.*

Son útiles para quitar o eliminar proporciones pequeñas de grasa de la piel. La adición de tensoactivos emulsionado con disolventes en el baño a bombo puede provocar una actividad enzimática baja.

1.7.16 *Grasas y aceites.*

Durante los procesos y operaciones que se llevan a cabo en la elaboración del cuero se maneja una gran cantidad de grasa ya que la piel del animal posee grasa y para la eliminación también se vuelve a utilizar grasas y conjuntamente a estas la formación de aceites formados en medios acuosos y que son difíciles de recuperarlos por lo que hoy en día se está utilizando centrifugas en las que separan o recuperan un porcentaje de la grasa, haciéndola reutilizar como energía (carburantes) dentro de los procesos operacionales de funcionamiento de la planta ya que es fuente de energía o sirviendo con un buen manejo de desechos provocados por las curtiembre. (Perez, 2010).

1.8 Tratamiento de Aguas Residuales.

Los procesos que se utilizan para tratar las aguas residuales según (Rigola Lapeña, 1990), son:

1.8.1 *Tratamientos preliminares.*

Aunque no reflejan un proceso en sí, sirven para aumentar la efectividad de los tratamientos primarios, secundarios y terciarios. Las aguas residuales que fluyen desde los alcantarillados a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), son muy variables en su flujo y contienen gran cantidad de objetos, en muchos casos voluminosos y abrasivos, que por ningún motivo deben llegar a las diferentes unidades donde se realizan los tratamientos y deben ser removidos. Para esto son utilizados los tamices, las rejas, los micros filtros, etc.

1.8.2 *Tratamiento Primario.*

El principal objetivo es el de remover aquellos contaminantes que pueden sedimentar, como por ejemplo los sólidos sedimentables y algunos suspendidos o aquellos que pueden flotar como las grasas.

El tratamiento primario presenta diferentes alternativas según la configuración general y el tipo de tratamiento que se haya adoptado. Se puede hablar de una sedimentación primaria como último tratamiento o precediendo un tratamiento biológico, de una coagulación cuando se opta por tratamientos de tipo fisicoquímico.

1.8.3 *Tratamiento Secundario.*

El objetivo de este tratamiento es remover la demanda biológica de oxígeno (DBO_5) soluble que escapa a un tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos sedimentables.

El tratamiento secundario intenta reproducir los fenómenos naturales de estabilización de la materia orgánica, que ocurre en el cuerpo receptor. La ventaja es que en ese proceso el fenómeno se realiza con más velocidad para facilitar la descomposición de los contaminantes orgánicos en períodos cortos de tiempo. Un tratamiento secundario remueve aproximadamente 85% de la DBO_5 y los SS aunque no remueve cantidades significativas de nitrógeno, fósforo, metales pesados, demanda química de oxígeno (DQO) y bacterias patógenas.

1.8.4 Tratamiento Terciario.

El objetivo de remover contaminantes específicos, usualmente tóxicos o compuestos no biodegradables o aún la remoción complementaria de contaminantes no suficientemente removidos en el tratamiento secundario.

Como medio de filtración se puede emplear arena, grava antracita o una combinación de ellas. El pulido de efluentes de tratamiento biológico se suele hacer con capas de granulometría creciente, duales o multimedia, filtrando en arena fina trabajando en superficie. Los filtros de arena fina son preferibles cuando hay que filtrar flóculos formados químicamente y aunque su ciclo sea más corto pueden limpiarse con menos agua. (Rigola Lapeña, 1990).

1.9 Diseño del sistema de tratamiento de agua residual para la curtiembre San Vicente.

1.9.1 Caudal.

Es la capacidad que tiene todo fluido sin importar su viscosidad en desplazarse de un lugar hacia otro, tomando en referencia su velocidad del fluido, su área de desplazamiento y su tiempo que tarda en dicho desplazamiento.

Métodos de medición de caudal.

- Método Volumétrico.- Hace referencia al tiempo que tarda en llevar un recipiente graduado.
- Método superficie volumen.- Hace referencia al área transversal por el cual pasa una cierta cantidad de fluido.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Ecuación 1-1 Caudal.

En donde:

Q= Caudal real de agua a tratar, (L/s).

V= Volumen de agua, (L).

t = Tiempo, (s).

1.9.2 Caudal de diseño.

Hace referencia a la variación del caudal real con relación a un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

1.9.2.1 Factor de mayorización.

Se multiplica el caudal por el factor de seguridad del 30%.

$$F_M = Q \times 0,3$$

Ecuación 2-1 Factor de mayorización.

1.9.2.2 Formula del caudal de diseño.

$$Q_D = Q + F_M$$

Ecuación 3-1 Fórmula del caudal de diseño.

En donde:

Q_D = Caudal de diseño, (m³/s).

Q = Caudal real, (m³/s).

F_M = Factor de seguridad.

1.9.3 Malla mosquitero de plástico.

Para realizar el filtrado primario se utilizara las malla mosqueteras de plástico, la misma que es de un material sintético de plástico.

Toda curtiembre o tenería necesita de la malla fina mosquetera a la salida del bombo, ya que sirve para la limpieza manual y separación de los sólidos más gruesos que se están transportando al vertedero, también posee la finalidad de bajar el DQO, con esto se lograra proteger los elementos de la planta de tratamiento, por ejemplo bombas, válvulas cañerías y el decantador, con la finalidad de evitar obstrucciones y desgastes.

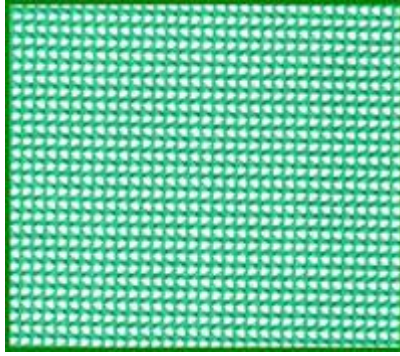


Figura 7-1 Malla mosquitero de plástico.
Fuente: (GOOGLE IMAGES, 2016).

1.9.4 Vertedero.

Según sea la forma de llegada del fluido y la viscosidad del mismo al tanque de almacenamiento el agua va a tener un caudal constante ya que mediante este podremos determinar una exacta captación del agua a ser tratada tal como su caudal.

Los vertederos se dividen más por sus formas que por su función teniendo entre estos a los siguientes:

- Vertederos rectangulares.
- Trapezoidales.
- Circulares.
- Rectangulares.

Según sea la forma del vertedero vamos a obtener diferentes oscilaciones de caudales de llegada al tanque respectivo de almacenamiento. En la siguiente tabla podemos observar los respectivos caudales.


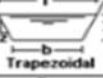



| Sección | Área hidráulica A | Perímetro mojado P | Radio hidráulico R | Espejo de agua T |
|--|--|-----------------------|--|--|
|  Rectangular | by | $b+2y$ | $\frac{by}{b+2y}$ | b |
|  Trapezoidal | $(b+zy)y$ | $b+2y\sqrt{1+z^2}$ | $\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$ | $b+2zy$ |
|  Triangular | zy^2 | $2y\sqrt{1+z^2}$ | $\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$ | $2zy$ |
|  Circular | $\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$ | $\frac{\theta D}{2}$ | $(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$ | $\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2})D}{2\sqrt{y(D-y)}}$ |
|  Parabólica | $\frac{2}{3}Ty$ | $T + \frac{8y^2}{3T}$ | $\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$ | $\frac{3A}{2y}$ |

Figura 8-1 Vertederos según su forma.
Fuente: (RAMIREZ., 1991).

Tabla 9-1 Vertederos y sus caudales.

| VERTEDERO | CAUDAL |
|-------------|--------------|
| Rectangular | < 20 L/s |
| Trapezoidal | > 110 L/s |
| Circular | 50 – 110 L/s |
| Triangular | 20 -50 L/s |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.
Fuente: (Valdez, 2000).

Tabla 10-1 Dimensiones para las rejillas de barra de limpieza manual.

| CARACTERISTICAS. | LIMPIEZA MANUAL. |
|---|------------------|
| Anchura (mm). | 6 |
| Profundidad (mm). | 1.2 |
| Separación entre barras (mm). | 30 |
| Pendiente en relación a la vertical (Grados). | 30 |
| Velocidad de paso a través de la reja (m/s). | 0.47 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.
Fuente: (Sistema de rejillas, 2012).

1.9.4.1 Diseño del Vertedero.

Para el diseño de las rejillas se debe conocer el tipo de canal o vertedero por la cual sale el agua de los procesos para seguir con el tratamiento.

Si el vertedero es de forma rectangular utilizaremos la siguiente formula:

1.9.4.1.1 Área del vertedero.

$$A_V = b_V \times h_V$$

Ecuación 4-1 Área del vertedero.

En donde:

A_V = Área del vertedero, (m)².

b_V = base del vertedero rectangular, (m).

h_V = altura del vertedero, (m).

1.9.4.1.2 Radio hidráulico.

Como la forma del vertedero es rectangular el radio hidráulico se obtiene de la siguiente fórmula:

$$R_H = \frac{b_V \times h_V}{b_V + 2h_V}$$

Ecuación 5-1 Radio hidráulico.

Para saber la velocidad la cual está el fluido en movimiento hacia el sistema de tratamiento se obtiene mediante el ábaco de la fórmula de Manning, y los coeficientes de rugosidad n de Manning:

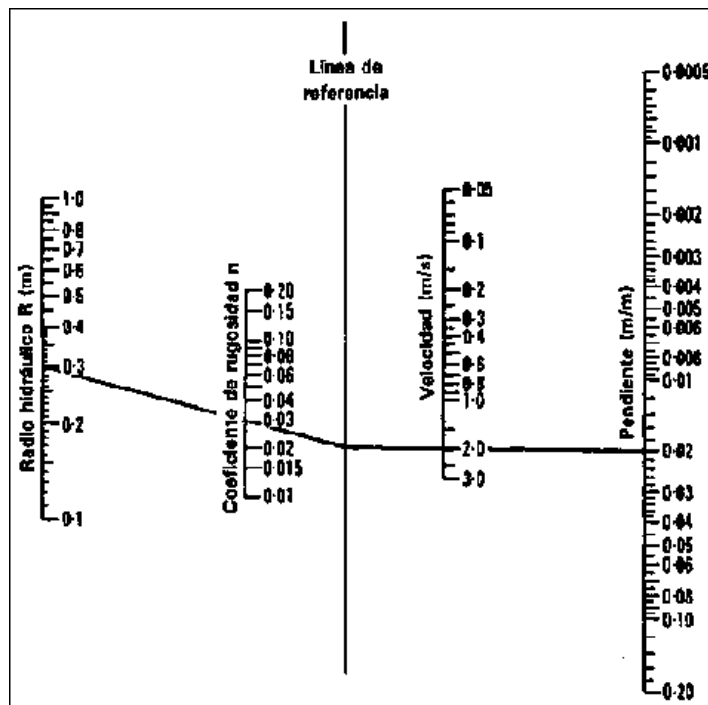


Figura 9-1 Ábaco de la fórmula de Manning.

Fuente: (RAMIREZ., 1991).

Tabla 11-1 Coeficiente de rugosidad n de Manning.

| MATERIAL. | n |
|--|-------------|
| Canales revestidos. | |
| Hormigón en masa sin acabado. | 0.013-0.017 |
| Hormigón en masa alisado. | 0.011-0.015 |
| Hormigón proyectado con superficie plana. | 0.016-0.019 |
| Hormigón proyectado con superficie ondulada. | 0.018-0.022 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (French, 1988).

$$v_v = \frac{1}{n} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 6-1 Velocidad del fluído.

En donde:

v_v = Velocidad del fluido en el vertedero, (m/s).

n = Coeficiente de Manning que es 0,013 para canales de hormigón.

R_H = Radio hidráulico, (m).

S = Gradiente hidráulico, (m/m).

1.9.5 Las Rejillas.

Las rejillas sirven para retener el material grueso tal como basura, material sólido y que afecta directamente en el funcionamiento de las bombas, aireadores, válvulas, etc. Su forma física tal como su construcción solo constituye de barras de espesor a diseñar de acuerdo a la cantidad de material grueso a retener.



Figura 10-1 Rejillas.

Fuente: (GOOGLE IMAGES, 2016).

1.9.5.1 *Rejillas de limpieza manual.*

Este tipo de rejillas se las utiliza como tratamiento inamovible a la salida del bombo por lo que los sólidos suspendidos hay que removerlos en su mayoría o por completo para que no afecten en el proceso y en la eficiencia del mismo.

De acuerdo con la normativa IEOS la distancia entre barras debe tener una longitud de 2m y con un ángulo de inclinación de 60° para que su limpieza sea más fácil. Ya que en las rejillas se va a almacenar los sólidos suspendidos dentro de esta deberá tener un sistema de elevación cuando el peso del mismo alcance los 50 kg. Y es necesario que se realice del sólido acumulado ya que las pérdidas de carga aumentan si esta presenta una saturación. (Normas del Instituto Ecuatoriano de Obras Públicas (IEOS)).

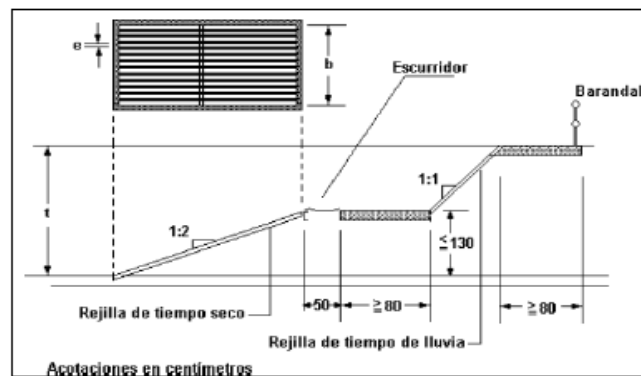


Figura 11-1 **Rejillas de limpieza manual.**

Fuente: (Valdez, 2000).

1.9.5.2 *Dimensiones de las rejillas.*

Para la implementación de las rejillas a los procesos de tratamiento de aguas, se incluirá una rejilla gruesa con las dimensiones que se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 12-1 Información típica para el proyecto de rejillas de barras de limpieza manual y mecánica.

| CARACTERÍSTICAS. | UNIDADES. | LIMPIEZA MANUAL. | LIMPIEZA MECÁNICA. |
|-----------------------------------|-----------|------------------|--------------------|
| Forma de la barra: Redonda | | | |
| Anchura espesor máximo. | mm | 5-15 | 5-15 |
| Profundidad. | mm | 25-37.5 | 25-37.5 |
| Separación entre barras. | mm | 25-50 | 15-75 |
| Pendiente con la vertical. | Grados | 25-50 | 50-82.5 |
| Velocidad de aproximación. | m/s | <0.30-0.60 | <0.60-0.90 |
| Pérdida de carga admisible. | mm | 150 | 150 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (Romero, 2002).

1.9.5.3 Condiciones de diseño.

1.9.5.3.1 Área entre barras.

$$A_b = \frac{Q_D}{v_a}$$

Ecuación 7-1 Área entre barras.

En donde:

A_b = Área entre barras, (m²).

Q_D = Caudal, (m³/s).

V_a = Velocidad de aproximación, (m/s).

1.9.5.3.2 Área de la sección transversal del flujo.

$$A_{ST} = \frac{A_b(W + e)}{W}$$

Ecuación 8-1 Área de la sección transversal del fluido.

En donde:

A_{ST} = Área de la sección transversal del fluido, (m²).

A_b = Área entre barras, (m²).

W = Separación entre barras, (m).

e = Espesor máximo de las barras, (m).

1.9.5.3.3 *Número de barras.*

El número de barras depende de la base del vertedero.

$$N_B = \frac{b_C - W}{W + e}$$

Ecuación 9-1 Número de Barras.

En donde:

N_B = Número de barras.

b_C = Ancho del canal, (m).

w = Separación entre barras, (m).

e = Espesor máximo de las barras, (m).

1.9.5.3.4 *Longitud de la rejilla en sumersión.*

Para esto se necesita saber el nivel de agua máximo por lo que se aplica la siguiente fórmula:

$$d_{max} = \frac{Q_D}{v_a \times b_C}$$

Ecuación 10-1 Nivel máximo de agua.

$$L_s = \frac{d_{max}}{\sin \theta}$$

Ecuación 11-1 Longitud de la rejilla en sumersión.

En donde:

L_s = longitud de las rejillas en sumersión, (m).

Q_D = Caudal del fluido, (m³/s).

v_a = Velocidad de aproximación, (m/s).

b_C = Ancho del canal, (m).

d_{max} = Nivel máximo de agua, (m).

Θ = Angulo de inclinación de las barras (Grados).

1.9.5.3.5 Pérdida de carga.

Kirschmer propone la siguiente ecuación para la determinación de la pérdida existente en las rejillas por efecto de carga.

$$h_c = \beta \left(\frac{e}{W} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{v_v^2}{2g} \sin \theta$$

Ecuación 12-1 Pérdida de carga.

En donde:

h_c = Pérdida de carga, (m).

e = Espesor máximo de las barras, (m).

W = Separación entre barras, (m).

$v_v^2/2g$ = carga de velocidad antes de la reja.

Θ = Ángulo de inclinación de las barras.

β = Factor dependiente de la forma de la barra.

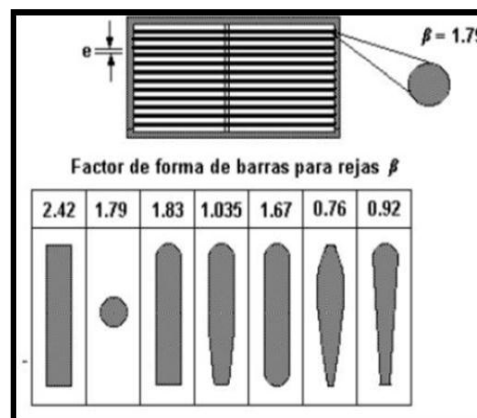


Figura 12-1 Factores dependientes de la forma de la barra.
Fuente: (Romero, 2002).

1.9.6 Tanques de homogenización.

Las variaciones de caudal presentan problemas usualmente de tipo operativo, razón por la que los tanques de homogenización son opción para superar esta dificultad generando así efluentes constantes, además; reduce el tamaño y los costos de las unidades de tratamiento ubicadas aguas abajo.

La homogenización es una práctica útil en plantas pequeñas de tratamiento que experimentan variaciones entre los máximos y mínimos caudales y cargas contaminantes efluentes. Existen

dos tipos de unidades para la homogenización de caudales denominados unidad en línea o unidad de derivación. Pueden ser tanques de homogenización en línea y difusa. Los primeros se deben diseñar para lograr mezcla completa para amortiguar la concentración. (Baez, 1995).

1.9.6.1 Condiciones de diseño.

Para diseñar una unidad de homogenización es necesario realizar un análisis o balance de masa, para de esta manera saber cuánta cantidad de agua residual entra a la planta.

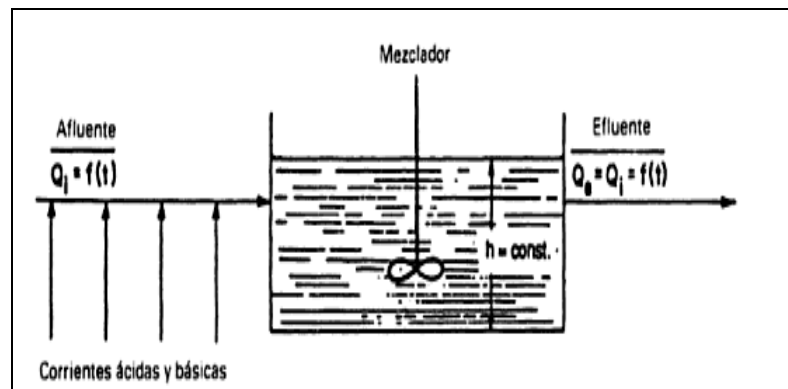


Figura 13-1 Depósito de homogenización a nivel constante.
Fuente: (Valdez, 2000).

1.9.6.1.1 Área del tanque de homogenización.

$$A_H = b_H \times h_H$$

Ecuación 13-1 Área del tanque de homogenización.

En donde:

b_H = Base del homogenizador, (m).

h_H = Altura del homogenizador, (m).

A_H = Área del homogenizador, (m).

1.9.6.1.2 Tiempo de llenado del homogenizador.

$$t_H = \frac{A_H \times h_H}{Q_D}$$

Ecuación 14-1 Tiempo de llenado del homogenizador.

En donde:

t_H = Tiempo de llenado del homogenizador, (s).

A_H = Área del homogenizador, (m²).

h_H = Altura del homogenizador, (m).

Q_D = Caudal de diseño, (m³/s).

1.9.6.1.3 Volumen del homogenizador.

$$V_H = A_H \times h_H \times fs$$

Ecuación 15-1 Volumen del homogenizador.

En donde:

V_H = Volumen del homogenizador.

A_H = Área del homogenizador (m²).

h = Altura del homogenizador (m).

fs = Factor de seguridad %.

1.9.6.1.4 Potencia de las paletas.

Tabla 13-1 Valores de gradiente de velocidad G y tiempos de retención.

| PROCESO | | TIEMPO DE RETENCIÓN. | VALORES DE G s ⁻¹ . |
|--------------|---|----------------------|----------------------------------|
| Mezcla. | Operaciones comunes de la mezcla rápida. | 10- 30 s | 500 - 1500 |
| | Mezcla rápida para un contacto inicial y de reactivo químico. | Menor o igual a 1 s | 1500 - 6000 |
| Floculación. | Procesos comunes de floculación. | 30 – 60 min | 50 - 100 |
| | Floculación en procesos de filtración directa. | 2 – 10 min | 25 - 200 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (TCHOBANOGLOUS., 2000)

Tabla 14-1 Características Fisicoquímicas del agua residual.

| TEMPERATURA (°C). | DENSIDAD (Kg/m ³). | VISCOSIDAD DINÁMICA X 10 ⁻³ (Ns/m ²). | VISCOSIDAD CINEMÁTICA X 10 ⁻⁶ (m ² /s). |
|----------------------|-----------------------------------|--|---|
| 0 | 999.8 | 1.781 | 1.785 |
| 5 | 1000.0 | 1.518 | 1.519 |
| 10 | 999.7 | 1.307 | 1.306 |
| 15 | 999.1 | 1.139 | 1.139 |
| 20 | 998.2 | 1.102 | 1.003 |
| 25 | 997.0 | 0.890 | 0.893 |
| 30 | 995.7 | 0.708 | 0.800 |
| 40 | 992.2 | 0.653 | 0.658 |
| 50 | 988.0 | 0.547 | 0.553 |
| 60 | 983.2 | 0.466 | 0.474 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (LARA, 1999).

$$P_H = G^2 \mu V_H$$

Ecuación 16-1 Potencia del homogenizador.

En donde:

P_H = Potencia del homogenizador, (W).

G = Gradiente de velocidad, (S⁻¹).

μ = Viscosidad dinámica del agua residual, (Ns/m²).

V_H = Volumen del homogenizador, (m³).

1.9.6.1.5 Área transversal de las paletas.

$$A_P = \frac{2 \times P_H}{C_D \times \rho \times v_{rp}^3}$$

Ecuación 17-1 Área de la sección transversal de las paletas.

En donde:

A_P = Área de la sección transversal de las paletas (m²).

P_H = Potencia necesaria (W).

C_D = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas.

ρ = Densidad del fluido (Kg/m³).

V_{rp} = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido (m/s), 0.6 x 0.75.

1.9.7 *Decantación.*

Es sistema de decantación se encarga de reducir los sólidos suspendidos formados previo algún tratamiento a las aguas residuales, bajo la acción de la gravedad para de esta manera tener dos fases una de agua tratada y otra de lodos. Este sistema no es más que un separador dentro de dos soluciones separables.

Tipos de decantación.

Existen dos tipos de decantadores que son:

- Decantador circular.
- Decantador rectangular.

1.9.7.1 *Decantador circular.*

El agua que entra a este tipo de decantador entra por el centro y recorre toda la periferia del sistema, frente a este sistema se desarrolló sistemas de alimentación periférica con salida del agua bien central o periférica para así evitarse perturbaciones generadas por la fuerza o energía con la que el agua entra al sistema.

La evacuación de fangos de este tipo de sistemas se dan en tres pasos: Acumulación, almacenamiento, y extracción. En la acumulación de fangos puede ser de dos maneras: una que es por gravedad y otra por equipos mecánicos. La primera es por la precipitación normal del lodo que se lleva a cabo en el fondo del decantador en forma de tolva, mientras que si la acumulación de fango es grande se requiere de equipos mecánicos como rasquetas que barran la solera del decantador ya sean rasquetas centrales o periféricas.

La eliminación de los flotantes se realiza mediante dos sistemas el cual consiste en que si el lodo normalmente se forma en la parte inferior se elimina mediante una tubería que normalmente se abre para descargar lodos y en la parte superior para descargar el agua.

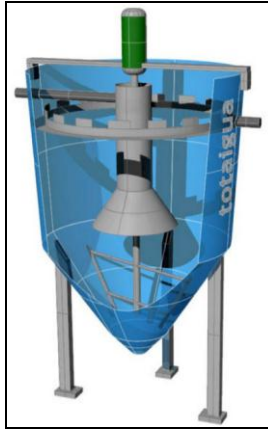


Figura 14-1 Decantador circular

Fuente: (GOOGLE IMAGES, 2016).

1.9.7.2 Condiciones de diseño.

Para este caso se ha tomado la decisión de diseñar un decantador circular ya que tiene mejor rendimiento.

1.9.7.2.1 Velocidad ascensional.

$$A_D = \pi \times \frac{\theta^2}{4}$$

Ecuación 18-1 Área del decantador

$$V_{asc} = \frac{Q_D}{A_D}$$

Ecuación 19-1 Velocidad ascensional.

En donde:

V_{asc} = Velocidad ascensional, (m/s).

Q_D = Caudal del fluido al decantador, (m³/s).

A_D = Área del decantador, (m²).

Hay que tomar muy en cuenta consideraciones de diseño máximas que deben alcanzar para la dimensión física de los decantadores tales como:

h = Altura del decantador $h < 3\text{m}$.

\emptyset = Diámetro del decantador $\emptyset < 40\text{m}$.

1.9.7.2.2 *Tiempo de retención.*

$$t_r = \frac{V_D}{Q_D}$$

Ecuación 20-1 Tiempo de retención.

En donde

t_r = Tiempo de retención, (s).

V_D = Volumen de decantación, (m^3).

Q_D = Caudal a tratar, (m^3/s).

1.9.7.2.3 *Carga sobre vertedero de salida.*

$$C_{\text{ver}} = \frac{Q_D}{L_V}$$

Ecuación 21-1 Carga sobre vertedero de salida.

En donde:

C_{ver} = Carga sobre el vertedero, (m^2/s).

Q_D = Caudal tratado. (m^3/s)

L_V = longitud del vertedero (m).

1.9.7.2.4 *Producción de fangos.*

En esta etapa de cálculo se puede obtener la producción de fangos directamente multiplicando por la concentración de sólidos en suspensión del agua por un coeficiente de reducción de sólidos o rendimiento. Y este coeficiente oscila entre 40 % y 60 % por lo que se puede multiplicar por 0.4 – 0.6.

$$F_1 = K_{RS} \times \frac{\text{Kg SS}}{\text{Dia agua bruta}}$$

Ecuación 22-1 Producción de fangos.

En donde:

K_{RS} = Coeficiente de reducción de sólidos 0.4.

Tabla 15-1 Relación entre el tiempo de retención y eliminación de contaminantes.

| TR, MED (HORAS). | % ELIMINACIÓN DE DBO ₅ . | % ELIMINACIÓN DE SS. |
|---------------------|-------------------------------------|----------------------|
| 1 | 27 | 43 |
| 2 | 30 | 55 |
| 3 | 40 | 65 |
| 4 | 42 | 66 |
| 5 | 42 | 67 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (SANDOVAL., 2001).

1.9.7.2.5 Poceta de fangos.

Para saber la poceta de fango es necesario conocer el volumen.

$$Q_f = \frac{K_{RS} \times C_{SS} \times Q_D}{1000 \times C_1}$$

Ecuación 23-1 Poceta de fangos.

En donde:

Q_f = Caudal medio de fangos producidos, (m³/h).

K_{RS} = Coeficiente de reducción SS en la decantación, (0.4).

C_{SS} = Concentración de SS en el agua bruta, (ppm).

Q_D = Caudal medio de agua a tratar, (m³/h).

C_1 = Concentración de purga de fangos, (sin decimales).

1.9.7.2.6 Volumen del Fango.

$$V_F = Q_f \times T_r$$

Ecuación 24 -1 Volumen de Fango.

En donde:

V_F = Volumen del fango, (m³).

Q_f = Caudal medio de fangos producidos (m³/h).

T_r = Tiempo de retención del fango en pocetas (h).

1.9.8 *Coagulación – Floculación.*

1.9.8.1 *Coagulación.*

1.9.8.1.1 *Generalidades.*

Los floculantes sólidos aniónicos en forma granulada se utilizan diluidos en agua como agentes para la floculación, eliminación de materia en suspensión y clarificación por decantación.

1.9.8.1.2 *Propiedades.*

Los floculantes sólidos aniónicos son principalmente agentes de floculación orgánicos, sintéticos, de distinto peso molecular y carga. Son mayoritariamente copolímeros de acrilamidas con partes de acrilato, que entregan cargas negativas y le confieren, por lo tanto, a los polímeros en disolución un carácter aniónico.

Los productos actúan como agentes poliméricos de floculación y son capaces de flocular sólidos, coloides e hidróxidos. Los sólidos en estado floculado se pueden separar completamente del agua envolvente y decantan con rapidez.

1.9.8.1.3 *Fases de la coagulación.*

La coagulación se realiza en 5 fases consecutivas o simultaneas que implican reacciones físicas y químicas:

1. Hidrólisis del coagulante y desestabilización de partículas coloidales.
2. Precipitación y formación de polímeros (los productos de hidrólisis se polimerizan).
3. Adsorción de las cadenas por la superficie de los coloides.
4. Adsorción mutua entre coloides.
5. Acción de barrido.

1.9.8.1.4 *Coagulantes aniónicos.*

Los floculantes líquidos son principalmente floculantes orgánicos, sintéticos, con diferentes cargas y pesos moleculares. Pueden ser de dispersión o estar en forma de emulsión.

Los productos no iónicos son poliacrilamidas puras. En disolución con agua tienen un comportamiento neutro, es decir, no iónico.

Los productos aniónicos son copolímeros de acrilamidas con partes de acrilato, que entregan cargas negativas y le confieren, por lo tanto, a los polímeros en disolución un carácter aniónico. Los productos catiónicos son copolímeros de acrilamidas con partes de comonomero catiónico. Los grupos catiónicos introducidos en el polímero tienen en disolución con agua cargas positivas.

1.9.8.2 Químico oxidante.

1.9.8.2.1 Sulfato de manganeso.

Compuesto que se presenta en cristales cuyo color varía según la cantidad de agua de cristalización que retienen, la cual, a su vez, depende de la temperatura. Su fórmula química es SO_4Mn .

Efectuando la cristalización por debajo de 6°C , los cristales de sulfato manganoso son de color violeta pálido, pertenecen al sistema monoclinico, son isomorfos con los de sulfato ferroso y contienen siete moléculas de agua.

Entre 7 y 20°C o por adición de alcohol se separan cristales de color violeta pálido del sistema triclinico e isomorfo con los de sulfato de cobre, conteniendo cinco moléculas de agua. Entre 20 y 30°C los cristales de sulfato manganoso son de color rosado, pertenecen al sistema rómbico y contienen cuatro moléculas de agua de cristalización.

Finalmente, evaporando la disolución de sulfato manganoso por encima de 30°C se separa un polvo cristalino casi incoloro, poco soluble en agua, que tiene únicamente una molécula de ésta; la sal completamente anhidra se obtiene hacia 250°C .

1.9.8.3 Floculación.

En la floculación debe distinguirse dos tipos:

- a. Floculación artocinética.
- b. Floculación pericinética.

- **Floculación artocinética.-** Es realizada por la energía comunicada al agua por fuerzas externas como por ejemplo paletas giratorias o estructuras hidráulicas (canal con escalas)

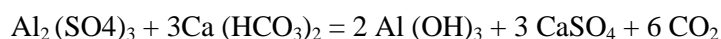
- **Floculación pericinética.**- Es promovida internamente en el líquido debido al movimiento Browniano y a que los coloides al sedimentarse tienden a aglomerarse. Dicha sedimentación se realiza poco tiempo después de desestabilizadas las partículas.

1.9.8.4 *Químicos coagulantes e floculantes.*

1.9.8.4.1 *Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$).*

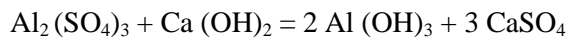
También conocido como Alumbre o Sulfato de alúmina, su efectividad óptima se tiene en intervalos de pH 6 a 8. Produce un floculo pequeño y esponjoso, es muy frecuente en la potabilización de aguas en la reducción de coloides orgánicos y fosfatos.

Cuando se añade sulfato de alúmina al agua que contiene alcalinidad de carbonato ácido de calcio y magnesio, la reacción que tiene lugar es la siguiente:



La reacción es análoga cuando se sustituye el bicarbonato cálcico por la sal de magnesio.

- **Con cal:**



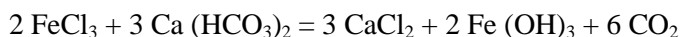
Dosis: se necesita de cal un tercio de la dosis de sulfato de alúmina comercial.

Dosis: se necesita entre el 50 y el 100% de la dosis de sulfato de aluminio comercial.

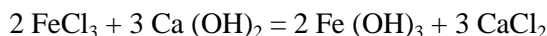
1.9.8.4.2 *Cloruro férrico ($FeCl_3$).*

Es similar al sulfato férrico, solo que su rango de pH es más limitado de 4 a 8. Es energético y puede presentar problemas de coloración en las aguas.

- **Con la alcalinidad natural:**



- **Con cal:**



La selección del coagulante y la dosis exacta necesaria en cada caso, sólo puede ser determinada mediante pruebas de jarras en laboratorio.

1.9.8.4.3 *Policloruro de aluminio ($Al(OH)_3 \cdot nH_2O$).*

Es un derivado polimérico del aluminio se emplea como coagulante primario en los procesos de tratamiento de aguas potable, reemplazando la necesidad de otros compuestos químicos como reguladores de pH, ayudas de coagulación y filtración

Ventajas y desventajas del Policloruro de Aluminio.

- Deja menor residuos de aluminio.
- Rápida formación de flóculos.
- Tiempo corto de reacción y sedimentación.
- Reducción de lodos de un 25% a un 75%.
- Menor costo de operación.
- Mejora la remoción de turbidez y color.

Tabla 16-1 Coagulantes y floculantes.

| COMPUESTO. | EFEECTO. |
|--|-------------|
| Sulfato de aluminio. | Coagulante. |
| Sulfato férrico. | Coagulante. |
| Sulfato ferroso. | Coagulante. |
| Polímeros a base de sales de aluminio. | Floculante. |
| Polímero a base de sales de hierro. | Floculante. |
| Poliamina cuaternaria. | Floculante. |
| Polímero sintético aniónico. | Floculante. |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (Metcalf, y otros, 1996).

1.9.8.5 *Coagulante floculante precipitante para aguas potables, industriales y efluentes (PAC 100).*



Foto 6-1 Coagulante floculante precipitante PAC100.

Fuente: (PROQUIMARSA, 2016).

Es un compuesto de poli cloruro de aluminio diseñado para cumplir las funciones de coagulación, floculación, precipitación y clarificación de alta carga de sustancias orgánicas e inorgánicas no disueltas en el agua ya sea estas de superficies o efluentes para tratamiento de industriales y domésticas.

PAC 100 actúa por acción de hidrolización y creación de estructuras fisicoquímicas, en donde los componentes que se van aglutinando lo hacen por efecto de cargas eléctricas hasta que se forman en masas de suficiente tamaño y peso llamadas flocs, los cuales se precipitan rápidamente y se puede separar del agua por sedimentación.

1.9.8.5.1 *Modo de uso PAC 100.*

Para tratar en el agua en:

- Remoción de turbidez.
- Remoción de color aparenta y verdadero.
- Remoción de bacterias y organismos patógenos susceptibles a coagulación.
- Remoción de algas y plancton.
- Reducción de ciertas sustancias productoras de olor y sabor en aguas.
- Remoción de coloidales arcillas, sílice, hierro y metales pesados.
- Según el tipo de agua a tratar PAC 100 se dosificada de 10 hasta 350 ppm según las respectivas pruebas de jarras en laboratorio y puede requerir adicción de Floculante para mayor eficiencia.

1.9.8.5.2 *Propiedades.*

- **Estado:** Líquido.
- **Color:** Ligeramente amarillo.
- **Olor:** Característicos.
- **Grav. ESP:** 1.23-1.24.
- **PH:** Mayor 2.5.

1.9.8.5.3 *Precauciones.*

- Evite contacto con los ojos.
- Evite contacto prolongado con la piel.
- Use equipos de protección personal.
- Lave las áreas contaminadas.
- Lave las manos entre descansos y al final de cada jornada.
- Lave las ropas contaminadas antes de ser rehusadas.

Almacenamiento PAC 100: Es un producto ligeramente ácido, no almacenar junto a sustancias alcalinas, reductores, clorados y óxidos metálicos. Almacenar en lugares frescos y secos y mantener los recipientes cerrados.

1.9.8.6 *Floculante aniónico de alto peso molecular para clarificación de aguas de uso industriales, domésticos y efluentes. (PROFLOC 932).*



Foto 7-1 Floculante aniónico de alto peso molecular PROFLOC 932
Fuente: (PROQUIMARSA, 2016).

Es un floculante de alto peso molecular, tipo aniónico de alta carga que trabaja, en forma sumamente efectiva como coagulante auxiliar o acondicionador de lodos en proceso de separación de sólidos en líquidos o en clarificación de aguas para uso doméstico.

1.9.8.6.1 Propiedades.

- **Apariencia:** Polvo granular blanco brillante.
- **Grado de carga:** Altamente catiónico.
- **Densidad BULK:** 48-55 lb/ft³.
- **PH al 0.5%:** 7.5-9.5.
- **Viscosidad:** al 0.1% 150.
- **Niveles de tratamiento:**
- **Como floculante:** 0.2-2.0 mg/L.
- **Coagulante auxiliar:** 0.05-1.0 mg/L.
- **Auxiliar de filtración:** 0.01-0.1 mg/L.
- **Concionador de lodos:** 10-100 mg/L.
- **Reductor de fricción en flujos turbulentos:** 25-150 mg/L.

1.9.8.6.2 Modo de uso.

Debe ser disuelto en agua usando mezcla rápida para preparar una solución al 0.1 % a 0.5%, la disolución se completa después de 30 minutos y debe utilizarse agua caliente para la misma, pero inferior a 50°C, luego de esta preparación, en forma adicional, debe diluirse 1: 100 en agua tratada para luego tratar la dosificación en el sistema.

1.9.8.6.3 Precauciones PROFLOC 932.

No es toxico por ingestión y no irrita la piel y ojos.

1.9.8.7 Condiciones de diseño.

Para el diseño del tanque de floculación se necesita conocer la carga superficial.

Tabla 17-1 Carga de superficie recomendada para diversas suspensiones químicas.

| SUSPENSIÓN. | CARGA DE SUPERFICIE (m ³ , m ² /d). | |
|-----------------------------|---|---------------|
| | Intervalo. | Caudal punta. |
| Floculo de alúmina. | 25-50 | 50 |
| Floculo de cal. | 30-60 | 60 |
| Floculo de hierro. | 25-50 | 50 |
| Agua residual cruda. | 25-50 | 50 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (Metcalf, y otros, 1996).

1.9.8.7.1 Área del tanque de floculación.

$$A_F = \frac{Q_D}{C_s}$$

Ecuación 25-1 Área del tanque de floculación.

En donde:

A_F = Área del tanque de floculación, (m²).

Q_D = Caudal a tratar en el tanque de floculación, (m³/d).

C_s = Carga superficial, (m³/ m² x d).

1.9.8.7.2 Ancho del tanque de floculación.

$$A_n = \sqrt{\frac{A_F}{2}}$$

Ecuación 26-1 Ancho del tanque de floculación.

1.9.8.7.3 Longitud del tanque de floculación.

$$L_g = \frac{A_F}{A_n}$$

Ecuación 27-1 Longitud del tanque de floculación.

1.9.8.7.4 *Volumen del tanque de floculación.*

$$V_C = A_n \times L_g \times h_f$$

Ecuación 28-1 Volumen del tanque de floculación.

En donde:

V_C = Volumen del tanque floculador, (m³).

A_n = Ancho del tanque floculador, (m).

L_g = Largo del tanque floculador, (m).

h_f = Altura del tanque floculador, (m).

1.9.8.7.5 *Diámetro del tanque de floculación.*

$$\phi_f = \sqrt{4 \times \frac{A_F}{\pi}}$$

Ecuación 29-1 Diámetro del tanque de floculación.

En donde:

ϕ_f = Diámetro del tanque floculador, (m).

A_F = Área del tanque floculador, (m²).

π = Número irracional.

1.9.8.7.6 *Tiempo de retención hidráulico en el floculador.*

$$Trh = \frac{Q_D}{V_C}$$

Ecuación 30-1 Tiempo de retención hidráulico en el floculador.

En donde:

Trh = Tiempo de retención hidráulico en el floculador, (s).

Q_D = caudal a tratar, (m³/s).

V_C = Volumen del tanque floculador, (m³).

Este tipo de proceso nos permite dar una adecuada tratabilidad al agua por de esta manera tener una cantidad de lodos activados que por efecto de agitación por medio de paletas se formen de manera compacta y su eficiencia sea mayor.

Para la agitación mecánica de las paletas o transmisiones de velocidad con una reducción del 30% se propone la siguiente tabla:

Tabla 18-1 Parámetros para el diseño de tanques de floculación.

| CARACTERÍSTICAS. | VALOR. | |
|--|------------|---------|
| | Intervalo. | Típico. |
| Tiempo de detención (min). | 20-60 | 30 |
| Floculación inducida por paletas con una velocidad periférica de paleta, con reductor de velocidad hasta el 30% de velocidad máxima (m/s). | 0.45-1.00 | 0.60 |
| Floculación por agitación con aire o con difusores de tubo poroso ($\text{m}^3/10 \text{ m}^3$). | 0.60-1.20 | 0.75 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (Metcalf, y otros, 1996).

Camp y Stein (1943) realizaron estudios con diferentes tipos de velocidades y efectos de formación de lodos en tanques de floculación y obtuvieron la ecuación que nos permite calcular la potencia disipada de la mezcla.

Tabla 19-1 Valores de gradiente de velocidad G y tiempos de retención.

| PROCESO. | | TIEMPO DE RETENCIÓN. | VALORES DE $G \text{ s}^{-1}$. |
|---------------------|---|----------------------|---------------------------------|
| Mezcla. | Operaciones comunes de la mezcla rápida. | 10- 30 s | 500 - 1500 |
| | Mezcla rápida para un contacto inicial y de reactivo químico. | Menor o igual a 1 s | 1500 - 6000 |
| Floculación. | Procesos comunes de floculación. | 30 – 60 min | 50 - 100 |
| | Floculación en procesos de filtración directa. | 2 – 10 min | 25 - 200 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (TCHOBANOGLIOUS., 2000).

Tabla 20-1 Valores de C_D para las secciones rectangulares.

| L/b. | C_D . |
|----------|---------|
| 1 | 1.16 |
| 5 | 1.20 |
| 20 | 1.50 |
| ∞ | 1.95 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: ROUSE.

1.9.8.7.7 *Potencia disipada de mezcla en el floculador.*

$$P_F = G^2 \mu V_C$$

Ecuación 31-1 Potencia disipada de mezcla en el floculador.

En donde:

P_F = Potencia necesaria de la mezcla en el floculador, (W).

G = Gradiente de velocidad, (1/s).

μ = Viscosidad dinámica, (Ns/m²).

V_C = Volumen del floculador, (m³).

Para tiempos de retención hidráulica comprendidos entre 30 a 60 min los gradientes medios de velocidad oscilan de 50 a 100 (L/s).

1.9.8.7.8 *Área transversal de las paletas.*

$$A_P = \frac{2 \times P_F}{C_D \times \rho \times v_{rp}^3}$$

Ecuación 32-1 Área transversal de las paletas.

En donde:

A_P = Área de la sección transversal de las paletas (m²).

P_F = Potencia necesaria (W).

C_D = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas.

ρ = Densidad del fluido (Kg/m³).

V_{rp} = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido (m/s), 0.6 x 0.75.

1.9.9 Filtración.

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable.

Tipos de filtros.

- Filtros rápidos de arena o de presión.
- Filtros lentos de arena o de gravedad.

Tabla 21-1 Tipos de filtros.

| SEGÚN LA VELOCIDAD DE FILTRACIÓN. | SEGÚN EL MEDIO FILTRANTE USADO. | SEGÚN EL SENTIDO DEL FLUJO. | SEGÚN LA CARGA SOBRE EL LECHO. |
|--|---|-------------------------------|--------------------------------|
| LENTOS: $2-10\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{d}$ | Arena. | Ascendentes. Descendentes. | Por gravedad. |
| RÁPIDOS: $120-360\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{d}$ | Lecho. | Ascendentes. Descendentes. | Por gravedad. Por presión. |
| RÁPIDOS $240-480\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{d}$ | LECHO MIXTO Lecho doble: Arena, grava Lecho triple: Arena, grava, carbón activado. | Ascendentes. Descendentes. | Por gravedad. Por presión. |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (VALENCIA, 2000).

1.9.9.1 Filtro lento o de gravedad.

Es un sistema constituido con arena y grava pero que fluye a través de un lecho por acción de la gravedad por consecuencia la velocidad de filtración es muy lenta, por lo que se necesita de un área grande de filtración. Para dimensionar un filtro de este tipo se emplea una relación de caudal sobre área, cuando menor sea esta relación se tiene una mejor eficiencia en la remoción de los sólidos suspendidos y se necesitara de una mayor superficie de filtración para un gasto de agua específico.

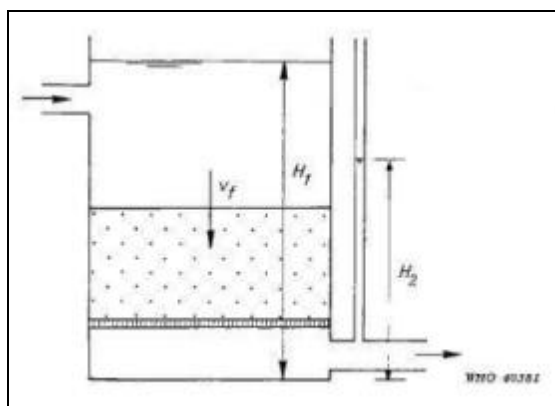


Figura 15-1 Filtración lenta de arena.

Fuente: (GOOGLE PDF, 2016).

1.9.9.2 *Materiales filtrantes.*

- Arenas.
- Gravas.
- Zeolitas.
- Antracitas.
- Resinas.
- Carbón activado.

1.9.9.3 *Materiales filtrantes a ocupar en el filtro lento de arena.*

El filtro lento de arena a diseñar va a llevar los siguientes materiales filtrantes de arriba (alimentación) hacia abajo (descarga).

- **Malla filtro.-** Es un material sintético (el nylon se usa para soluciones básicas, el poliéster para acidas y el polipropileno para las dos mencionadas anteriormente). Esta va estar de acuerdo al diámetro obtenido por el filtro.



Figura 16-1 Malla filtro de nylon.

Fuente: Mallas filtros para tratamientos de aguas residuales.

- **Grava gruesa.-** Es uno de los mejores productos disponibles en la naturaleza para la filtración de agua. La superficie específica combinada con su capacidad de intercambio natural la convierten en un medio filtrante muy superior otros minerales.



Figura 17-1 Grava gruesa.

Fuente: Filtros con grava.

- **Grava fina.**- De $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{8}$ de diámetro de pulgada.



Figura 18-1 Grava gruesa.

Fuente: Filtros de grava.

- **Carbón activado.**- Es carbón poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido. Lo hace con tal efectividad, que es el purificante para las plantas de tratamiento de aguas.



Figura 19-1 Carbón activado.

Fuente: Filtros con carbón activo.

- **Arena.**- De $1\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ diámetro de pulgada.



Figura 20-1 Arena

Fuente: Filtros de arena.

1.9.9.4 Condiciones de diseño.

Para diseñar un filtro lento de arena se deben conocer varios parámetros dentro de estos están: caja de filtración y condición de entrada, sistema de drenaje y lecho filtrante.

1.9.9.4.1 *Área superficial del filtro.*

Tabla 22-1 Condiciones de diseño. Área Superficial.

| VELOCIDAD (m ³ /m ² /h). | CAUDAL (m ³ /h). | ÁREA MÍNIMA (m ²). | LADO MÍNIMO (m). |
|---|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 0.1 | 4.916 | 49.17 | 7.0 |
| 0.2 | 4.916 | 24.58 | 4.9 |
| 0.3 | 4.916 | 16.38 | 4.0 |
| 0.4 | 4.916 | 12.29 | 3.5 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (GOOGLE PDF, 2016).

$$A_s = \frac{Q_D}{N x v_f}$$

Ecuación 33-1 Área Superficial.

En donde:

A_s= Área superficial, (m²).

V_f= Velocidad de filtración, (m/h).

Q_D= Caudal de agua a tratar, (m³/h).

N= Número de unidades de filtrantes (4).

1.9.9.4.2 *Coefficiente de mínimo costo.*

$$K_c = \frac{2N}{N + 1}$$

Ecuación 34-1 Coeficiente de mínimo costo.

En donde:

N= Número de unidades (4).

1.9.9.4.3 *Longitud de la unidad de filtración lenta de arena.*

$$B = (A_s x K_c)^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 35-1 Longitud de la unidad de filtración lenta de arena.

En donde:

A_s= Área superficial, (m²).

B= Longitud de la unidad, (m).

K_C = Coeficiente de mínimo costo.

1.9.9.4.4 *Ancho de la unidad de filtración lento de arena.*

$$A = \left(\frac{A_s}{K_C} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 36-1 Ancho de la unidad de filtración.

En donde:

A= Ancho de la unidad, (m).

A_s = Área superficial, (m²).

K_C = Coeficiente de mínimo costo.

1.9.9.4.5 *Velocidad de filtración real.*

$$v_{fr} = \frac{Q_D}{(2 \times A \times B)}$$

Ecuación 37-1 Velocidad de filtración real.

En donde:

v_{fr} = Velocidad de filtración real, (m/h).

Q_D = Caudal de agua a tratar, (m³/h).

A= Ancho de la unidad, (m).

B= Longitud de la unidad, (m).

Tabla 23-1 Tabla de coeficientes de permeabilidad.

| PERMEABILIDAD RELATIVA. | VALORES DE K (cm/s). | SUELO TÍPICO. |
|--------------------------|---|------------------------------|
| Muy permeable. | $> 1 \times 10^{-1}$ | Grava. – Carb. Activado. |
| Moderadamente permeable. | 1×10^{-1} a 1×10^{-3} | Arena. – Arena fina. |
| Poco permeable. | 1×10^{-3} a 1×10^{-5} | Arena limosa. – Arena sucia. |
| Muy poco permeable. | 1×10^{-5} a 1×10^{-7} | Limo y arenisca fina. |
| Impermeable. | $< 1 \times 10^{-7}$ | Arcilla. |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: (R., flujo de agua a través de suelos.).

1.9.9.4.6 *Pérdidas de carga en la arena.*

$$h_{f1} = \frac{v_{fr} \times h_{fa}}{K_p}$$

Ecuación 38-1 Pérdida de carga en la arena.

En donde:

h_{f1} = Pérdida de carga en la arena, (m).

v_{fr} = Velocidad de filtración real, (m/h).

h_{fa} = Altura del manto de arena en el filtro, (m).

K_p = Coeficiente de permeabilidad, (m/h).

1.9.9.4.7 *Pérdida de carga en la grava y carbón activado.*

$$h_{f2} = \sum v_{fr} \times \frac{h_{fa}}{K_p}$$

Ecuación 39-1 Pérdida de carga en la grava y carbón activado.

En donde

h_{f2} = Pérdida de carga en la grava y carbón activado, (m).

Σv_f = Sumatoria de velocidad de filtración entre grava y carbón activado.

h_{fa} = Altura del manto de arena en el filtro, (m).

K_p = Coeficiente de permeabilidad, (m/h).

1.9.9.4.8 *Diámetro hidráulico.*

$$d_H = \frac{4A}{P} = \frac{4A_D \times h_D}{2h_D + A_D}$$

Ecuación 40-1 Diámetro hidráulico.

En donde:

d_H = Diámetro hidráulico, (m).

A_D = Ancho del dren, (m).

h_D = Altura del dren, (m).

1.9.9.4.9 *Pérdida de carga del drenaje.*

$$h_{f3} = \frac{1}{3} \lambda \times \frac{L_D}{d_H} \times \frac{v_{fr}^2}{2g}$$

Ecuación 41-1 Pérdida de carga del drenaje.

En donde:

h_{f3} = Pérdida de carga en el drenaje, (m).

λ = Factor de fricción 0.026

L_D = Longitud del dren, (m).

d_H = Diámetro hidráulico, (m).

V_{fr} = Velocidad de filtración real, (m/h).

1.9.9.4.10 *Pérdida de carga total de la unidad de filtración.*

$$H_{fT} = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3}$$

Ecuación 42-1 Pérdida de carga total de la unidad de filtración.

En donde:

H_{fT} = Pérdida de carga total de la unidad, (m).

h_{f1} = Pérdidas de carga en la arena, (m).

h_{f2} = Pérdidas de carga en la grava y carbón activado, (m).

h_{f3} = Pérdidas de carga del drenaje, (m).

1.9.10 *Proceso de aireación prolongado.*

El sistema de tratamiento secundario se utiliza para oxidar aproximadamente el 90 % de las concentraciones de DBO_5 y sólidos suspendidos del efluente. El operador de la planta puede ejecutar con facilidad las pruebas de decantación con el objeto de supervisar el funcionamiento del sistema y mantener un nivel adecuado de sólidos para así garantizar que el efluente cumpla con los estándares de descarga requeridos.

La aireación se da por medio de difusores los cuales están ubicados dentro del tanque a dimensionar por lo que se utiliza compresión para mandar una cierta cantidad de oxígeno y así de esta manera dar un tratamiento biológico para bajar aún más el DBO_5

Prácticamente se usan difusores porosos ya que la eficiencia de transferencia de oxígeno es alta, hay un sin número de formas de los difusores y pueden ser de placa, domo, disco y de tubo.

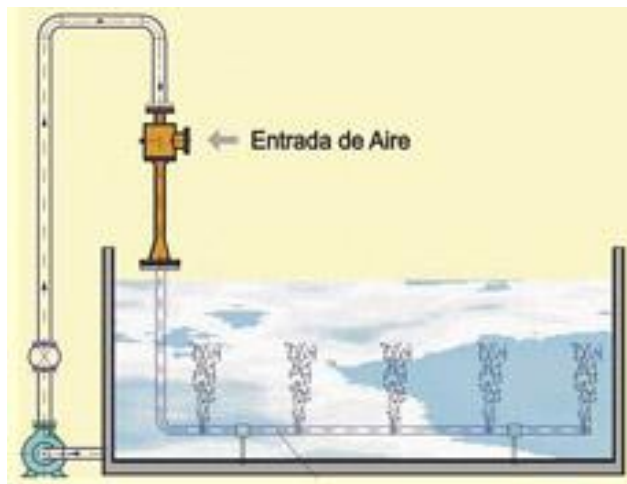


Figura 21-1 Tanques de aireación.

Fuente: (GOOGLE IMAGES, 2016).

1.9.10.1 Condiciones de diseño.

1.9.10.1.1 Volumen del tanque de aireación.

$$V_{A1} = b_a \times h_a \times L_a$$

Ecuación 43-1 Volumen del tanque de aireación.

En donde:

b_a = Base del tanque de aireación, (m).

h_a = Altura del tanque de aireación, (m).

L_a = Longitud del tanque de aireación, (m).

V_{A1} = Volumen del tanque de aireación (m^3).

1.9.10.1.2 Caudal de aire en función del DBO_5 .

$$Q_{O_2} = mg \frac{DBO_5}{L} \times \frac{1 \text{ Kg } DBO_5}{1 \times 10^6 \text{ mg } DBO_5} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 m^3} \times \frac{Q_D m^3}{d}$$

$$\frac{DBO_5}{dia} \times \frac{154 m^3 \text{ aire}}{1 \text{ Kg } DBO_5} \times \frac{1 dia}{24 horas} \times \frac{1 hora}{60 min}$$

Ecuación 44-1 Caudal de aire en función del DBO_5 .

En donde:

Q_{O_2} = Caudal de aire, (m^3/d).

Q_D = Caudal de fluido a tratar, (m³/d).

1.9.10.1.3 Presión hidrostática.

$$P_{H2O} = \rho \times g \times h_a$$

Ecuación 45-1 Presión hidrostática.

En donde:

P_{H2O} = Presión hidrostática, (psi).

ρ = Densidad del agua 998 Kg/m³

h_a = Altura del tanque de aireación, (m).

1.9.10.1.4 Presión absoluta.

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{H2O}$$

Ecuación 46-1 Presión absoluta.

En donde:

P_{abs} = Presión absoluta, (psi).

P_{atm} = Presión atmosférico, (14.7 psi).

P_{H2O} = Presión Hidrostática, (psi).

1.9.10.1.5 Variación térmica del aire de compresión.

$$\Delta T_{ad} = \frac{T_1}{\eta} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

Ecuación 47-1 Variación térmica del aire de compresión.

En donde:

P_2 = P_{abs} psi.

P_1 = P_{atm} psi.

η = Eficiencia asumida de compresión 85%

T_1 = Temperatura ambiente 20°C.

1.9.10.1.6 *Temperatura de salida del aire.*

$$T_2 = T_1 + \Delta T_{ad}$$

Ecuación 48-1 Temperatura de salida del aire.

En donde:

T_1 = Temperatura ambiente °C.

T_2 = Temperatura de salida del aire de compresión. °C.

1.9.10.1.7 *Potencia del compresor.*

$$P_c = \frac{0.22Q_{O_2}}{\eta} \left[\left(\frac{P_2}{14.7} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

Ecuación 49-1 Potencia del compresor.

En donde:

Q_{O_2} = Caudal del aire, (ft³/min).

η = Eficiencia asumida de compresión, (85%).

P_2 = P_{abs} psi.

1.9.11 *Cálculo de la bomba.*

1.9.11.1 *Ecuación de Bernoulli.*

$$\frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} - H_{r1-2} = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g}$$

Ecuación 50-1 Ecuación de Bernoulli.

En donde:

P = Presión atmosférica, (atm).

v = Velocidad del agua, (m/s).

g = Gravedad, (m/s²)

H_{r1-2} = Suma de las pérdidas de carga en el sistema 1 y 2.

1.9.11.2 Suma de pérdidas de carga en el sistema.

Aplicando la ecuación 1-51

$$H_{r1-2} = (Z_2 - Z_1) + h_s + h_D + H_i + H_a$$

Ecuación 51-1 Suma de pérdidas de carga en el sistema.

En donde:

Z_2 = Altura de descarga del fluido, (m).

Z_1 = Altura de succión del fluido, (m).

h_s = Pérdida secundaria de succión, (m).

h_D = Pérdida secundaria de descarga, (m).

H_i = Altura de impulsión, (m).

H_a = Altura de aspiración, (m).

Pérdidas de carga succión-descarga.- Son perdidas por mecanismos de transporte del fluido tal como cambios de dirección, alturas, contracciones, ensanchamientos, válvulas codos, uniones etc., las que hacen que cambien el caudal en cada sección o proceso a donde sea transportada el fluido por lo que es de consideración muy importante las pérdidas por fricción o secundarias que hace referencia teórica a Darcy – Weisbach. GARDEA, H. (1992). Aprovechamientos hidroeléctricos y de Bombeo. Editorial Trillas. México. Primera Edición.

| Accesorios | | Diámetro nominal | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|------------------|--------------|------|-------|-------|------|---------|------|------|------|-------|-------|
| | | 1/2 | 3/4 | 1 | 1 1/4 | 1 1/2 | 2 | 2 1/2-3 | 4 | 6 | 8-10 | 12-16 | 18-24 |
| | | L/D | Valores de K | | | | | | | | | | |
| Válv.de compuerta(abierta) | | 8 | 0.22 | 0.2 | 0.18 | 0.18 | 0.15 | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.1 |
| Válv.de globo(abierta) | | 340 | 9.2 | 8.5 | 7.8 | 7.5 | 7.1 | 6.5 | 6.1 | 5.8 | 5.1 | 4.8 | 4.4 |
| Válv.de retención horizontal(check) | | 100 | 2.7 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 |
| Válv.de retención horizontal oscilatoria(check) | | 50 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.75 | 0.7 | 0.65 |
| Válv.de pie de disco(de huso)con colador | | 420 | 11.3 | 10.5 | 9.7 | 9.3 | 8.8 | 8.0 | 7.6 | 7.1 | 6.3 | 5.9 | 5.5 |
| Válv.de pie de disco con bisagra | | 75 | 2 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.1 | 1.0 |
| Codos estándar | 90° | 30 | 0.81 | 0.75 | 0.69 | 0.66 | 0.63 | 0.57 | 0.54 | 0.51 | 0.45 | 0.42 | 0.39 |
| | 45° | 16 | 0.43 | 0.4 | 0.37 | 0.35 | 0.34 | 0.3 | 0.29 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.21 |
| | 90° radio largo | 16 | 0.43 | 0.4 | 0.37 | 0.35 | 0.34 | 0.3 | 0.29 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.21 |
| | 180° | 50 | 1.35 | 1.25 | 1.15 | 1.10 | 1.05 | 0.95 | 0.9 | 0.85 | 0.75 | 0.7 | 0.65 |
| Curvas de 90° | | 20 | 0.54 | 0.5 | 0.46 | 0.44 | 0.42 | 0.38 | 0.36 | 0.34 | 0.3 | 0.28 | 0.26 |
| T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada) | | 20 | 0.54 | 0.5 | 0.46 | 0.44 | 0.42 | 0.38 | 0.36 | 0.34 | 0.3 | 0.28 | 0.26 |
| T en línea (con circulación por derivación) | | 60 | 1.62 | 1.5 | 1.38 | 1.32 | 1.26 | 1.14 | 1.08 | 1.02 | 0.9 | 0.84 | 0.78 |

Figura 22-1 Coeficientes K para diferentes accesorios.

Fuente: (Sotelo, 1997).

1.9.11.3 Velocidad del fluido en el sistema.

$$v_s = \frac{Q_D}{A} = \frac{Q_D}{\frac{\pi \times \phi_t^2}{4}}$$

Ecuación 52-1 Velocidad del fluido en el sistema.

En donde:

v_s = Velocidad del fluido en el sistema, (m/s)

Q_D = Caudal de agua a transportar, (m³/s).

ϕ_t = Diámetro de la tubería, (m).

1.9.11.4 Pérdidas de carga en succión y descarga.

$$h_{S-D} = k_f \frac{v_s^2}{2g}$$

Ecuación 53-1 Pérdidas de carga en la succión y descarga.

En donde:

H_{S-D} = Pérdida secundaria en succión y descarga, (m).

k_f = Coeficiente adimensional de pérdida de carga secundaria.

V_s = Velocidad media en la tubería, si se trata de codos, válvulas, etc. (m/s).

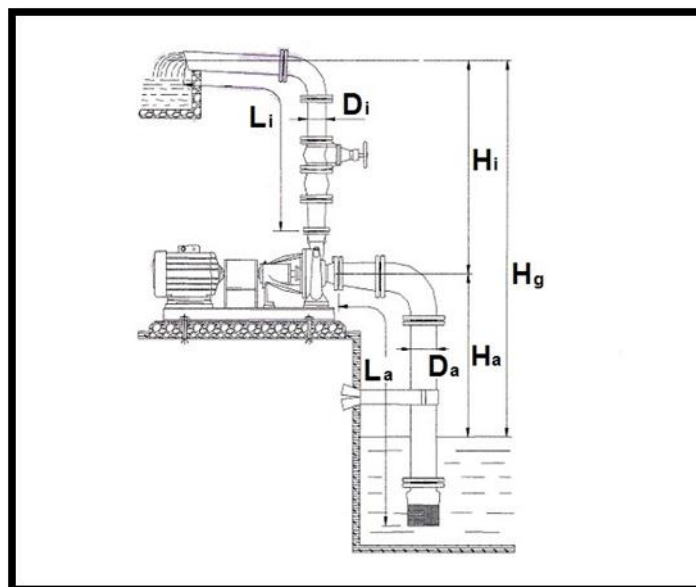


Figura 23-1 Sistema de Bombeo.

Fuente: (Sotelo, 1997)

1.9.11.5 *Potencia de la bomba.*

$$P_B = \frac{\rho g Q H_{r1-2}}{n_B}$$

Ecuación 54-1 Potencia de la bomba.

En donde:

P_B = Potencia de la bomba, (Hp).

g = Gravedad, (m/s^2)

ρ = Densidad del fluido, (Kg/m^3)

Q = Caudal de agua a tratar, (m^3/s).

H_{r1-2} = suma de las pérdidas primarias en el punto 1 y 2, m.

n_B = Eficiencia de la bomba en decimales.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.

2.1 Reconocimiento de la planta: Curtiembre San Vicente.

2.1.1 *Antecedentes de la empresa.*

- **Ubicación:** Provincia de Tungurahua.
- **Cantón:** Ambato.
- **Parroquia:** Atahualpa.
- **Dirección:** Av. Indoamérica y Virgen del Cisne, sector La Concepción.
- **Representante legal:** Sr. Efraín Llambo.
- **RUC:** 1801573393001.
- **Rama, actividad:** Actividades de curtiembre.
- **Coordenadas geográficas:** -1.24, -78.6

2.1.2 *Ubicación de la empresa*

El lugar donde se llevara la investigación es en la Provincia de Tungurahua, en el cantón Ambato, en la Parroquia de Atahualpa, la curtiduría San Vicente está ubicada en la Av. Indoamérica y Virgen del Cisne, sector La Concepción.



Figura 1-2 Ubicación de la empresa.

Fuente: (GOOGLE MAPS, 2016).

2.2 Plan de muestreo.

2.2.1 Medición del caudal.

Una vez determinada las condiciones de trabajo de la Curtiembre San Vicente con referencia a sus procesos de descarga de los efluentes de mayor contaminación sin tratamiento, se determinó el caudal ubicándolo a pie de bombo directamente de la descarga del efluente del proceso tanto como de lavado, pelambre, curtido, recurtido y teñido, en un recipiente de 20L el cual se contabilizo a cronometro el tiempo en que llena el recipiente y se aplicó la ecuación 1-1, calculando de esta manera el caudal real de cada proceso, para posteriormente obtener el caudal de diseño.

Las muestras se las obtuvo después de identificar los procesos que se llevan a cabo en la empresa San Vicente y en días diferentes de acuerdo a la producción y a la cantidad de materia prima. Por lo que se destinó a la recolección de las muestras de manera simple de las etapas Lavado, pelambre, curtido, recurtido y teñido, con un volumen de 5 L de agua de descarga, en condiciones de temperatura ideal completamente sellados y etiquetados con hora de toma de muestras, para su caracterización y para su tratabilidad se tomó muestras simples de 5 a 6 L con diferencia de las etapas de curtido y recurtido que ahí se realizó un muestreo compuesto ya que se mezcló las dos aguas de descarga, para posteriormente llevarlas al laboratorio de la institución para realizar los análisis de cada muestra y obtener los resultados.



Foto 1-2 Toma de muestras en las instalaciones de la empresa San Vicente.
Fuente: Curtiembre San Vicente.

Las muestras para la caracterización inicial fueron tomadas con un volumen de 5 L directamente del proceso de: Lavado, pelambre, curtido, recurtido y teñido a pie de bombo previamente tomada su temperatura y medido su caudal tal como su descarga máxima de efluente.

En la tratabilidad las muestras fueron tomadas en las etapas de: lavado, pelambre y teñido, las cuales fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis Técnico de Aguas de la institución ESPOCH. Durante la tratabilidad se aplicó diferentes compuestos químicos, para determinar el más adecuado para su tratamiento.

2.2.2 *Muestra Compuesta.*

Durante la tratabilidad se tomó muestras compuestas de 5 a 6 L de las etapas: curtido y recurtido, ya que se durante la caracterización de estas aguas, se determinó que presentan las mismas características fisicoquímicas, y para el dimensionamiento del sistema de tratamiento siga cumpliendo con el mismo concepto, para así obtener datos generales de las dos aguas y un alto rendimiento del tratamiento.

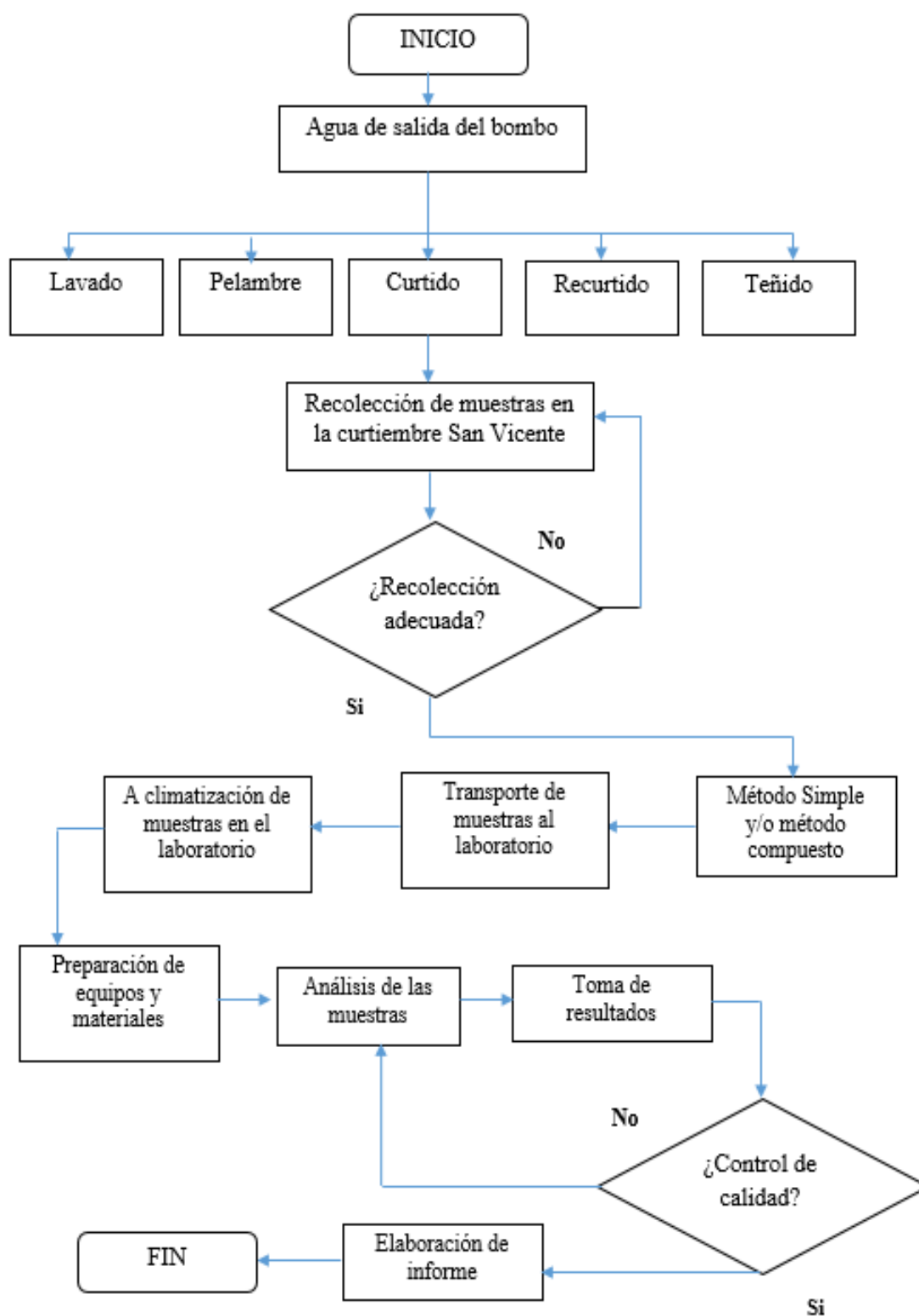


Figura 2-2 Diagrama de bloques del plan de muestreo.
Fuente: MOYA, Juan, 2016.

2.3 Métodos.

2.3.1 *Inductivo.*

Se considera un reconocimiento del estado actual de la empresa, un muestreo de los procesos y las descargas de los efluentes, las caracterizaciones fisicoquímicas al agua y la obtención de resultados. Además se realizó una matriz de aspectos ambientales durante cada proceso, la cual ayuda a reconocer los problemas de la empresa San Vicente (Tabla 1-2).

2.3.2 *Deductivo.*

Para la curtiembre San Vicente se propone un diseño de un sistema de tratamiento de agua de descarga en función a los componentes químicos que utilizan y a la cantidad de pieles y cuero a obtener, tal como su volumen de agua a descargar y tratar, por lo que se realizó un análisis de caudales tanto de entrada como de salida de cada etapa o proceso y en base a eso se realizó una caracterización de las aguas residuales descargadas, para obtener resultados los que ayudan de manera directa a conocer el estado actual de la planta y dar una solución puntual en base a cálculos los cuales se determinaron entre las etapas de ribera curtido postcurtido y acabado.

2.3.3 *Experimental*

Con las muestras correctamente recolectadas se realizó los análisis en el laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas con la dirección de la Dra. Gina Alvares (lavado, pelambre, curtido, recurtido y teñido), otras muestras en el laboratorio acreditado de la institución misma conocida como CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental) (pelambre, curtido, recurtido y teñido). Se obtuvieron resultados con el 90% de datos fuera de los parámetros que rige el TULSMA Libro VI anexo I tabla 8 (Texto unificado de la legislación secundaria del medio ambiente).

Mediante los resultados obtenidos por laboratorios mencionados se realizó la propuesta del diseño del sistema de tratamiento para posteriormente dimensionarlo haciendo constar cada uno de sus parámetros tanto generales y específicos establecidos en las normas IEOS (Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias).

Tabla 1-2 Aspectos ambientales del proceso.

| ETAPA. | PROCESO. | AGUAS RESIDUALES. | RESIDUOS. | EMISIONES. | DISPOSICIÓN FINAL. |
|-----------------|--------------------------------------|--|--|--|---|
| RIBERA. | Conservación y almacenamiento. | | Sal | Olores | Reciclaje |
| | Remojo. | DQO, SS, Restos de suciedad, sal, nitrógeno orgánico, biosidas, tierra. | | | Tratamiento de aguas residuales. |
| | Pelambre, desencalado y calero. | Sulfuro, DQO, SS, SD, cal, nitrógeno, biosidas, pH básico. | Pelo, lana, lodos, cálcicos. | H ₂ S ácido sulfhídrico. (Accidentalmente), olores. | Tratamiento de aguas residuales Relleno sanitario. |
| | Descarnado. | pH Básico. | Carnazas. | | Relleno sanitario. |
| | Dividido. | | Recortes | | Fábrica de gelatinas. |
| | Desencalado y Rendido. | DQO, SS, Nitrógeno, sulfuro, sales cálcicas. | | NH ₃ , polvo, H ₂ S (accidentalmente). | Tratamiento de aguas residuales. |
| CURTIDO. | Piquel | DQO, sal, pH ácido, fungicidas. | | Humos ácidos, H ₂ S (accidentalmente). | Se trabaja en el mismo baño. |
| | Desengrase (para pieles de borrego). | DQO, SD, tensoactivos, disolventes orgánicos y grasas. | Residuos de destilación y tratamiento de aguas residuales. | | Tratamiento de aguas residuales. |

| | | | | | |
|---------------------|---------------|---|--|-----------------------------------|---|
| | Curtición. | Cromo (III), sal, SS, DQO, SD, fungicidas, agentes, complejantes, pH ácido. | Desechos de pieles, lodos de tratamiento de aguas residuales | | Tratamiento de aguas residuales Relleno sanitario. |
| | Rebajado. | | Virutas de rebajado y dividido. | | Relleno sanitario. |
| POSTCURTIDO. | Neutralizado. | DQO, SS, SD, curtientes no fijados, tensoactivos. | | NH ₃ , SO ₂ | Tratamiento de aguas residuales. |
| | Recurtición. | Cromo (III), sal, SS, DQO, SD, Fungicidas, agentes complejantes, pH ácido. | Desechos de pieles, lodos de tratamiento de aguas residuales | | Tratamiento de aguas residuales Relleno sanitario. |
| | Tintura. | Color elevado, agentes colorantes, disolventes orgánicos. | Colorantes. | NH ₃ | Tratamiento de aguas residuales. |
| | Engrase. | Compuestos orgánicos, tensoactivos, restos de productos engrasantes. | | | Tratamiento de aguas residuales. |
| ACABADOS. | Secado. | Disoluciones acuosas de agentes de acabado. | | Vapores ácidos. | |
| | Acabados. | | Restos de productos químicos. | Material particulado. | Reciclaje. |

| | | | | | |
|--|---------|--|-----------------------|--------|---|
| | General | | Empaque y recipientes | Ruido. | Devolución a proveedores de insumos químicos. |
|--|---------|--|-----------------------|--------|---|

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Curtiembre San Vicente.

2.4 Técnicas e instrumentos.

Para obtener análisis concisos en los que nos podamos basar y según siguiendo la tabla del libro del TULSMA (Texto Unificado Legislación Secundaria del Medio Ambiente) Anexo 1 Tabla 8 explica qué análisis se deben realizar para obtener resultados de contaminantes presentes en el agua de curtido son los siguientes:

Tabla 2-2 Tabla de valorización y caracterización a cumplir del agua residual a descargar al alcantarillado de la curtiembre San Vicente.

| PARÁMETROS | EXPRESADOS COMO | UNIDAD | LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE |
|--|--|--------|--------------------------|
| Aceites y grasas | Solubles en hexano | mg/L | 70.0 |
| Compuestos fenólicos | Expresado como fenol | mg/L | 0.2 |
| Cromo hexavalente | Cr+6 | mg/L | 0.5 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | DBO5 | mg/L | 250.0 |
| Demanda Química de Oxígeno | DQO | mg/L | 500.0 |
| Potencial de Hidrógeno | pH | mg/L | 6-9 |
| Sólidos Sedimentables | SS | mg/L | 20.0 |
| Sólidos Suspendidos Totales | TDS | mg/L | 220.0 |
| Sólidos totales | ST | mg/L | 1600.0 |
| Sulfatos | SO -2 | mg/L | 400.0 |
| Sulfuros | S | mg/L | 1.0 |
| Temperatura | °C | mg/L | <40.0 |
| Tensoactivos | Sustancias activas al azul de Metileno | mg/L | 2.0 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: TULSMA.

Para la aplicación de las técnicas se siguieron protocolos de laboratorios institucionales cumpliendo con normativas APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICIÓN. Los cuales se describen a continuación.

2.4.1 Determinación de Grasas y Aceites Método 5520B.

Lugar: CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental).

Fundamento: Grasas y Aceites.

Materiales: Embudo de separación, matraz de destilación, baño de agua, Papel filtro.

Reactivos: Aguas Residual.

Procedimiento: Tomar un volumen de 1 ml de muestra y marcar el nivel de muestra en la botella. Acidifique hasta un pH de 2 o inferior con 5 ml de ácido clorhídrico HCl, pasar por un embudo. Enjuague con 1-a cantidad de aceites y grasas se determina cuidado la botella de la muestra mediante: con 30 ml de grasa (A — B) x 1000 de mg aceites y litro de muestra triclorotrifluoroetano y añada los lavados del disolvente al Donde: embudo de separación. Dejar A = la ganancia total del peso que separe las dos capas y luego B = peso del matraz tarado menos el peso drenar la capa del disolvente a través del embudo que contenga el papel filtro humedecido con el disolvente en el matraz de destilación.

Cálculo: La fórmula aplicada es:

$$\frac{mg \text{ de aceites y grasas}}{L} = \frac{(A - B) \times 100}{mL \text{ muestra}}$$

Donde:

A= Ganancia total del peso.

B= Peso del matraz tarado menos el peso calculado.

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 5520 B. (Ramirez, 2012).

2.4.2 *Determinación de Fenoles Método 5530C.*

Lugar: CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental).

Fundamento: Fenoles.

Materiales:

- Embudos de separación.
- Balanza analítica.
- Equipo de destilación.
- Potenciómetro de laboratorio.
- Espectrómetro.
- Papel filtro.

Reactivos: Aguas Residual.

Procedimiento: Tomar un volumen de 500 ml de muestra, ajuste el pH a 4 con una disolución de ácido fosfórico utilizando el indicador naranja de metilo, luego colocar el aparato de

destilación, destilar la muestra y detener la destilación, cuando la muestra deje de hervir adicionar 500 ml del destilado total.

Cálculo: La fórmula aplicada es:

Calibración:

$$Y = mx + b$$

Concentración:

$$\frac{\mu g \text{ fenol}}{L} = \frac{A}{B}$$

Donde:

A= microgramos de fenol determinada en la curva.

B= ml de la muestra original.

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 5530 C (Ramirez, 2012).

2.4.3 *Método APHA 5220 D: Determinación de la DQO.*

Lugar: Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas ESPOCH.

Fundamento: Se somete a reflujo con una solución de dicromato de potasio en medio ácido al 50%, y el exceso de bicarbonato se titula con sulfato ferroso amoniacal. La cantidad de materia orgánica oxidable es proporcional al bicarbonato de potasio que se consume.

Objetivo: Determinar la cantidad de compuestos oxidables presentes en el agua.

Materiales:

- Aparato de reflujo.
- Probeta graduada.
- Vaso de precipitación.
- Pipetas volumétricas.

Reactivos:

- Bicarbonato de potasio.

- Ácido sulfúrico.
- Solución valorada de sulfato ferroso amoniacal 0.25 N.
- Indicador de ferroína, sulfato de plata en cristales.

Procedimiento:

- Colocar 50 ml de muestra en el matraz esférico, junto con 25 ml de bicarbonato de potasio.
- Luego, con cuidado adicionar 75 ml de ácido sulfúrico, mezclando después de cada adición.
- Fijar el matraz al refrigerante y someter la mezcla a horas de reflujo.
- Diluir la mezcla a unos 350 ml y titular el exceso de bicarbonato con sulfato ferroso amoniacal valorado.

Cálculos: Se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{mg}{L} \text{ De DQO} = \frac{(a-b)c \cdot 800}{mL \text{ de muestra}} - d$$

Donde:

DQO= Demanda química de oxígeno al bicromato.

a = ml de sulfato ferroso amoniacal usado para el testigo.

b = ml de sulfato ferroso amoniacal usado para la muestra.

c = Normalidad del sulfato ferroso amoniacal

d = Corrección por Cl = mg/L de Cl \times 0.23

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 5220 D. (Ramirez, 2012).

2.4.4 Método: 5220 C titulométrico - requerimiento de oxígeno químico, DQO total al bicromato.

Lugar: Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas ESPOCH.

Procedimiento: Es una medida del contenido de materia orgánica de una muestra susceptible de oxidación por un oxidante químico fuerte. Se prefiere el método de reflujo de dicromato a los procedimientos que utilizan otros oxidantes debido a su mayor capacidad oxidante. Garantiza la oxidación de compuestos orgánicos volátiles como el amoníaco presente en la materia orgánica que contiene nitrógeno.

Para esta determinación se requiere homogeneizar las muestras que contengan sólidos suspendidos para lograr reproducibilidad en los resultados.

Entre las interferencias se encuentran compuestos alifáticos de cadena lineal volátiles, los cuales no se oxidan, por ser volátiles y no entran en contacto con el líquido oxidante. El hierro ferroso y el sulfuro se oxidan cuantitativamente bajo esta prueba (oxidación estequiometría).

La muestra se debe almacenar en frasco de cristal y entregar al laboratorio en el menor tiempo posible; las muestras que tengan sólidos precipitables. Se deben homogeneizar. Se deben realizar diluciones preliminares de las muestras que contengan DBO_5 altos para reducir el error inherente a la determinación de volúmenes pequeños de muestra.

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 5220 C. (Ramírez, 2012).

2.4.5 *Método APHA 5210B: Determinación DBO_5*

Lugar: Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas ESPOCH.

Fundamento: La muestra de agua es incubada por cinco días a 20 °C en la oscuridad, el progreso de la descomposición o estabilización de la materia orgánica en el agua se refleja en un lento agotamiento del oxígeno disuelto durante el periodo de incubación.

Objetivos: Conocer la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable. Determinar la carga contaminante del agua residual analizada. Conocer la eficiencia del sistema de tratamiento aplicado.

Materiales:

- Frascos de incubación de 250-300 ml de capacidad.
- Incubadora de aire o baño maría.

Reactivos:

- Agua destilada.
- Solución amortiguadora de fosfato.

- Solución de sulfato de magnesio.
- Solución de cloruro de calcio.
- Solución de cloruro férrico.
- Solución de sulfito de sodio 0.025 N.
- Inóculo.

Procedimiento:

- Preparación del agua de dilución.
- Inoculación, adición de una población adecuada de microorganismos, para que oxiden la materia orgánica biodegradable.
- Pre tratamiento, tratamientos específicos según la muestra a analizar.
- Dilución, de acuerdo a la muestra.
- Incubación, por cinco días a 20 °C.
- Corrección por el inóculo.
- Control del agua por dilución.

Cálculos: Se determina de la siguiente forma:

Cuando no se requiere inoculación:

$$\text{mg/L de DBO}_5 = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

Cuando se emplea agua de dilución inoculada:

$$\text{mg/L de DBO}_5 = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$$

Donde:

D₁= OD de la muestra diluida, después de 15 min de su preparación.

D₂= OD de la muestra diluida, después de la incubación.

P= Fracción decimal, de la muestra usada.

B₁= OD de la disolución de control del inóculo, antes de la incubación.

B₂= OD de la disolución de control del inóculo, después de la incubación.

f= Relación del inóculo en la muestra al inóculo en el control.

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 5210 B. (Ramirez, 2012).

2.4.6 ***Método APHA 2540 B: Determinación de sólidos totales.***

Lugar: Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas ESPOCH.

Fundamento: Se evapora una muestra correctamente mezclada, en una placa previamente secada y pesada a peso constante en un horno a 103-105 °C. El aumento de peso en la placa vacía representa los sólidos totales.

Objetivos: Estimar la cantidad de materia disuelta y en suspensión presente en el agua residual.

Materiales:

- Cápsulas de porcelana de 90 mm de diámetro.
- Desecador.
- Horno de mufla.
- Horno de secado.
- Balanza de análisis.

Procedimiento:

- Llevar las cápsulas una vez pesadas al horno de secado a 103-105 °C durante una hora, luego poner en el desecador por el tiempo necesario.
- Poner un volumen de la muestra considerable y mezclada en la cápsula, evaporarla hasta que se seque en un horno de secado a 2 °C o baño de vapor.
- Secar la muestra evaporada en un horno a 103-105 °C por una hora.
- Enfriar en el desecador y pesar.
- Realizar varios ensayos hasta obtener el peso constante.

Cálculos: Se determina de la siguiente forma:

Para determinar los sólidos totales se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\text{mg de sólidos totales /L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volumen de la muestra en mL}}$$

Donde:

A= Peso de residuo seco + cápsula mg.

B= Peso de la cápsula en mg.

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 2540B.

2.4.7 *Método 2510 B: Determinación de la conductividad.*

Lugar: Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas ESPOCH.

Fundamento: La conductividad es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones disueltos, sus concentraciones absolutas y relativas, su movilidad y su valencia y de la temperatura y la viscosidad de la solución. Este parámetro sirve para estimar el contenido total de constituyentes iónicos. La medición física practicada en una determinación en el laboratorio suele ser de resistencia medida en ohmios. En el Sistema Internacional de Unidades el recíproco del ohmio es el siemens (S) y la conductividad se expresa en mSiems/m, siendo la correspondencia $1\text{mS/m}=10\text{ }\mu\text{mhos/cm}$. La salinidad que es adimensional, se concibió inicialmente como la determinación de la masa de sales disueltas en una masa dada de solución, pero esta determinación experimental mediante desecación, presenta dificultades a causa de las pérdidas de algunos componentes. La única manera real de determinar la salinidad real o absoluta de un agua natural es realizar un costoso análisis químico completo, cuya precisión no siempre es satisfactoria. Así, se optó por determinarla indirectamente a través de diferentes métodos, entre ellos, la conductividad. Este presenta la mayor precisión pero responde sólo a solutos iónicos.

Interferencias: Conductividad: pueden causar variación la actividad biológica presente en el agua, al igual que la exposición de la muestra a la atmósfera, al facilitar la pérdida o ganancia de gases disueltos. La presencia de materias en suspensión de tamaño considerable y/o de aceites o grasas, puede causar fallos en los electrodos al cambiar la constante de la celda, efecto que sólo puede comprobarse mediante la verificación del ajuste. El agua de mar presenta numerosas dificultades en su medición, por la alta mineralización del medio y la gran diversidad de iones presentes; esto último hace difícil de definir la variación de la conductividad en función de la temperatura. Salinidad: en principio, puede afectarse por las mismas causas que la conductividad, especialmente por sustancias que interfieran en los electrodos.

Colección, preservación y almacenaje de muestras: Tanto salinidad como conductividad es preferible determinarlas in situ. Si es necesario colectarlas, es preferible hacerlo en frascos plásticos; de utilizar envases de vidrio, evitar que sean de vidrio sódico. Los frascos deben quedar bien cerrados y llenos para evitar el intercambio de gases. No se conoce agente de conservación adecuado. Las medidas deben hacerse lo antes posible una vez recogida la muestra, aunque éstas pueden conservarse hasta 28 días en refrigeración.

Equipos y materiales:

Conductímetro o sondas multiparamétricas (de mesa o portátil), aunque no todos permiten leer salinidad.

Procedimiento:

- Para mediciones in situ, éstas deben realizarse directamente en el cuerpo de agua. En los casos que esta operación se dificulte y se obtenga una muestra con algún dispositivo de muestreo (como frasco, botella muestreadora o balde), debe medirse a la mayor prontitud posible directamente en dicho dispositivo para así minimizar cualquier variación.
- Al analizar muestras en el Laboratorio (como las de la red de agua potable), debe dejarse que previamente adquieran la temperatura ambiental.
- Para aguas residuales, donde la probabilidad de contaminar el electrodo puede ser importante, debe verificarse el funcionamiento del equipo mediante lectura frecuente de la solución de KCl.

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método 5210-B.

2.4.8 *Método APHA 2540 B: Determinación de sólidos sedimentables.*

Lugar: Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas ESPOCH.

Fundamento: Indica la cantidad de sólidos que pueden sedimentarse a partir de un volumen dado de muestra en un tiempo determinado.

Objetivos: Conocer la cantidad de sólidos que pueden ser eliminados en el tratamiento primario de las aguas residuales.

Materiales:

- Cono Imhoff
- Soporte para el cono
- Varilla de agitación

Procedimiento:

- Homogenizar la muestra e inmediatamente llenar el cono Imhoff hasta la marca de 1 L. Dejar que la muestra repose por 45 min.
- Dejar que la muestra repose por 45 min.
- Se remueven suavemente las paredes con una varilla para facilitar la sedimentación de los sólidos adheridos a las paredes.
- Dejar reposar por otros 15 min y se registra el volumen de sólidos sedimentables en el cono como: mg/L.

Cálculos: Se usa la siguiente ecuación:

mg/L de materia sedimentable = mg/L de materia suspendida – mg/L de materia no sedimentable.

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 2540B

2.4.9 Método APHA 2540 D: Determinación de sólidos suspendidos.

Lugar: Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas ESPOCH.

Fundamento: Los sólidos en suspensión se determinan por diferencia de peso de un filtrado por el cual se hace pasar la muestra.

Objetivos: Establecer la cantidad de sólidos a ser tratados en tratamiento secundario.

Materiales:

- Cápsulas de porcelana.
- Tubos de centrifugadora.
- Desecador.
- Estufa de secado (103- 105°C).

- Balanza analítica.
- Papel filtro.

Procedimiento:

- Poner en la estufa la cápsula limpia, llevar al desecador por y pesar antes de usarla. Filtrar un volumen determinado de la mezcla.
- Lavar la mezcla con agua destilada.
- Colocar el filtro en una cápsula y secarlo en la estufa a 103-105 °C por 1 hora.
- Poner en el desecador para que se enfríe.
- Pesar las cápsulas.

Cálculos: Se usa la siguiente ecuación:

$$\text{mg de sólidos totales /L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volumen de la muestra en mL}}$$

Donde:

A= Peso de residuo seco + cápsula mg

B= Peso de la cápsula en mg

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 2540D.

2.4.10 Método 2130-B: Turbiedad.

Lugar: Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas ESPOCH.

Fundamento: La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra.

Objetivos: La determinación de turbidez es aplicable a cualquier muestra de agua que estas libres basuras y partículas gruesas que puedan asentarse con rapidez.

Se obtienen resultados falsos por material de vidrio sucio, por la presencia de burbujas y por los efectos de vibración que puedan alterar la visibilidad en la superficie de la muestra de agua.

Materiales:

- Recipientes para muestreo.
- Matraces de aforo de 1000, y 100 ml.
- Pipeta volumétrica de 10 ml.
- Probeta de 100 ml.

Reactivos:

- Agua destilada libre de turbidez.
- Solución patrón de turbidez, de 400 NTU.

Procedimiento:

- Conectar el aparato a la corriente eléctrica
- Agitar la muestra problema y llenar el tubo hasta 120 ml.
- Prender el foco, mover la escala y observar por el visor hasta que desaparezca el punto central negro.
- Con la lectura de la escala y con la carta de turbidez, calcular las unidades de turbidez reales.
- Verificar la confiabilidad de las lecturas con las soluciones patrón diariamente.

Cálculos: Con la lectura de la escala del turbidímetro y con la carta de turbidez, calcular las unidades de turbiedad, si se diluyó la muestra, multiplique por el factor de dilución correspondiente.

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método 2130 B.

2.4.11 *Método 4500 H B: Análisis de pH por el método electrométrico.*

Lugar: Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas ESPOCH.

Objetivos: Establecer la metodología para determinar correctamente el pH (potencial de Hidrógeno) presente en muestras de agua.

Alcance: Realizar las pruebas fisicoquímicas.

Procedimiento:

- El pH-metro no está en uso mantenga la punta de los electrodos sumergida en agua destilada o desmineralizada.
- Antes de utilizarlo el electrodo, enjuagarlo con agua destilada.
- Estandarizar el instrumento sumergiendo los electrodos en una solución amortiguadora que tenga un pH aproximado al pH de la muestra.
- Remueva los electrodos de la solución amortiguadora, enjuáguelos muy bien y séquelos.
- Sumerja los electrodos en una segunda solución amortiguadora, que sea aproximadamente cuatro unidades de pH diferente a la primera solución y anote la lectura de pH. La lectura debe estar dentro de las 0.1 unidades de pH para la segunda solución.
- Enjuague los electrodos, séquelos y sumérjalos en la muestra 200ml aproximadamente. Agite la muestra muy bien para proporcionar homogeneidad y mantener los sólidos en suspensión. Corrija la temperatura del aparato si es posible.
- Enjuague los electrodos y manténgalos en agua destilada o desmineralizada hasta la próxima determinación.
- Reporte los resultados con una precisión de ± 0.1 unidades de pH.

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método 4500-B.

2.4.12 *Método APHA 3111 B, 3030 E: Determinación de cromo hexavalente.*

Lugar: Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas ESPOCH.

CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental).

Fundamento: El cromo hexavalente reacciona con la difenilcarbazida para producir una coloración violeta rojiza, en soluciones ligeramente ácidas.

Objetivos: Conocer la cantidad de cromo hexavalente presente en agua residual analizada.

Materiales:

- Espectrofotómetro.
- Matraz aforado.

Reactivos:

- Agua exenta de cromo.
- Reactivo de difenilcarbazida.
- Solución madre de cromo.
- Solución patrón de cromo.

Procedimiento:

- Adicionar a 50 ml de la muestra 2.5 ml del reactivo de difenilcarbazida y se mezcla bien.
- Se compara visualmente con patrones que contengan de 0.003 a 0.20 ml de cromo.
- Se prepara una curva de calibración en el ámbito de cromo de 0.005 a 0.40 mg/L, si se va a aplicar la medición fotométrica 540 con un trayecto de luz de 5 cm.
- Verificar las lecturas entre los 5 y 15 minutos después de la adición del reactivo.

Cálculos: Se usa la siguiente ecuación:

$$\text{mg / L de Cr hexavalente} = \frac{\text{mg de Cr Hexavalente} \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 3111 B., 3030 E.

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS.

3.1 CÁLCULOS

Para comenzar el dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua de descarga de la Curtiembre San Vicente se considera el peso de la piel a procesar a condición máxima de producción, ya que de esta depende la cantidad de agua a introducir para el proceso.

El peso de piel es de aproximadamente 21 Kg que por producción máxima se colocan 50 pieles a tratar, obteniendo un peso total de 1050 Kg de piel.

3.1.1 *Sistema de tratamiento de agua para el proceso de lavado y pelambre.*

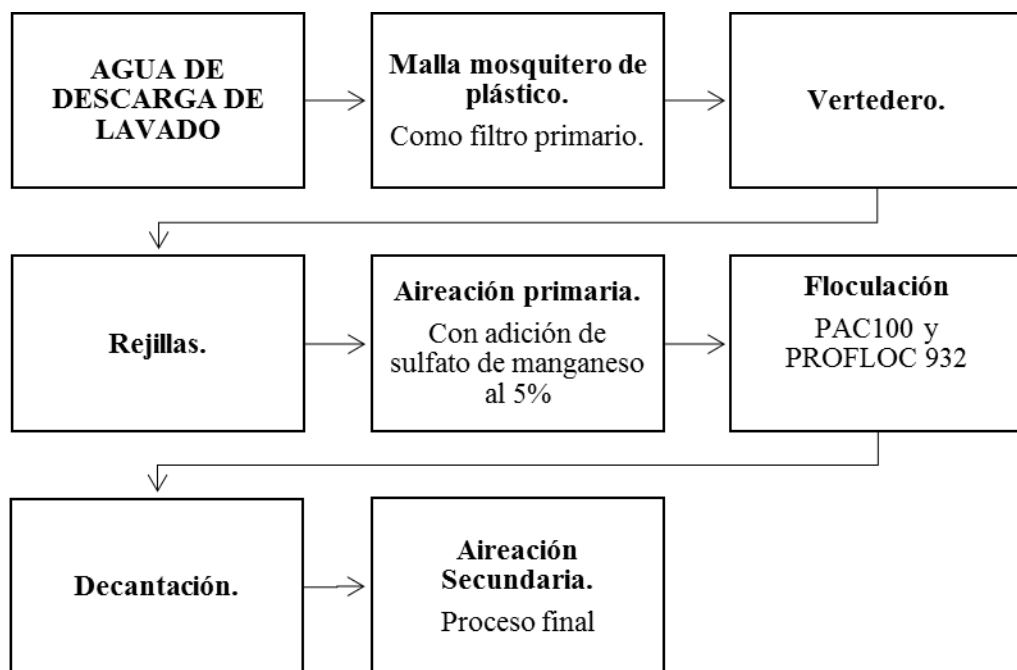


Figura 1-3 Descripción del sistema de tratamiento de agua para el proceso de lavado.
Fuente: MOYA, Juan, 2016.

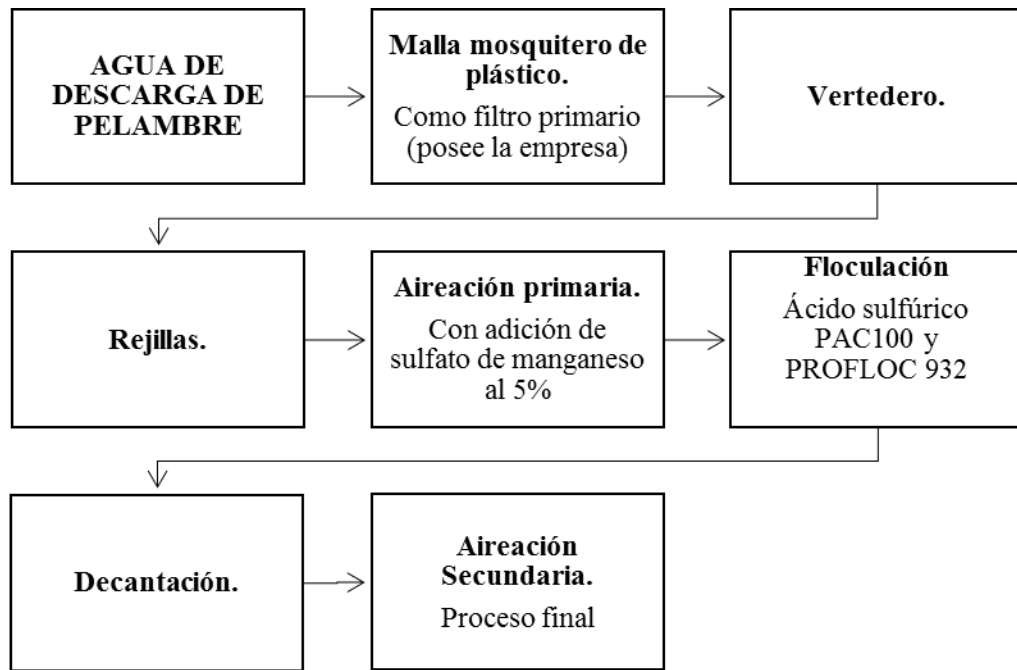


Figura 2-3 Descripción del Sistema de tratamiento de agua para el proceso de Pelambre.
Fuente: MOYA, Juan, 2016.

3.1.1.1 Descripción del sistema de tratamiento de agua para la etapa de lavado.

Primero cae el agua del proceso de lavado aproximadamente con un volumen de 5m^3 , depende de la cantidad de piel en producción, pasa por la malla mosquetera fina, la cual retiene los sólidos sedimentables existente en el agua de lavado para posteriormente pasar por un diseño de vertedero con rejillas que ayudará a conducir adecuadamente el agua al sistema y sin solidos sedimentables considerados.

El agua a tratar por gravedad cae al sistema de aireación primaria la cual se encarga de realizar un tratamiento biológico utilizando un oxidante el cual es el sulfato de manganeso preparado al 5%, que ayuda conjuntamente con la aireación a la eliminación parcial del olor proveniente del agua, con un tiempo de reposo de 8 horas en el tanque.

Transcurrido las 8 horas se succiona por medio de una bomba centrifuga, al tanque de Floculación adicionándose Coagulantes y floculantes PAC100 y PROFLOC 932 con un volumen de igual manera determinados experimentalmente y detallados en el dimensionamiento. Una vez formado el floculo pasa al sistema de decantación circular en cual se separa el lodo y el agua a un tanque de aireación secundario el cual va a reposar el agua tratada con un tiempo de reposo considerable de 6 horas para después ser descargada bajo norma al alcantarillado.

3.1.1.2 Descripción del sistema de tratamiento de agua para la etapa de pelambre.

Es el proceso consecutivo al proceso de lavado conocido como etapa de pelambre con un volumen de 4m³, el cual se descarga por el mismo canal o vertedero, rejillas, tanque de aireación primaria con la misma dosificación del sulfato de manganeso al 5% y reposo de 8 horas.

En el tanque de floculación se regula el pH solo para el agua de descarga de pelambre con ácido sulfúrico 90-91%, hasta obtener un pH de 9-9.5 para posteriormente colocar los coagulante y floculante PAC100 y PROFLOC 932. Una vez formado el flóculos se succiona al decantador donde se separa lodos y agua tratada la que va al tanque de aireación secundaria para después ser descargada el agua tratada al alcantarillado.

Nunca las dos aguas se deben mezclar para pasar por el sistema, debido a que son dos aguas que contienen una alta cantidad de materia orgánica por lo que los resultados y producción de lodos van a ser muy elevados, por lo que se tratan en diferentes tiempos y cada una por separado.

Es importante mencionar la limpieza previa a los equipos de recepción del agua después de cada proceso de tratabilidad para tener un mejor resultado.

Para el este sistema se utilizara el volumen de agua máximo a tratar entre los dos procesos, el cual es del proceso de lavado, tal como su caudal de salida del bombo.

3.1.1.3 Dimensionamiento del sistema de tratamiento para las etapas: Lavado y pelambre.

3.1.1.3.1 Caudal de Diseño

Para el diseño del sistema de tratamiento de agua de los procesos de lavado y pelambre se toma en consideración la de mayor volumen, siendo la etapa de lavado, para el caudal de diseño ya que en base a este se dimensionara el sistema.

3.1.1.3.1.1 Caudal.

Aplicando la ecuación 1-1.

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{20 \text{ L}}{8.1 \text{ s}} = 2.47 \text{ L/s}$$

3.1.1.3.1.2 *Factor de mayorización*

Aplicando la ecuación 2-1.

$$F_M = Q \times 0,3$$

$$F_M = 2.47 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times 0,3$$

$$F_M = 0.741 \text{ L/s}$$

3.1.1.3.1.3 *Fórmula para el caudal de diseño*

Aplicando la ecuación 3-1.

$$Q_D = Q + F_M$$

$$Q_D = 2.47 + 0.741$$

$$Q_D = 3.2 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0.0032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 11.52 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

3.1.1.3.2 *Dimensionamiento del vertedero rectangular.*

3.1.1.3.2.1 *Área del vertedero.*

Aplicando la ecuación 4-1.

$$A_V = b_V \times h_V$$

En donde la base es de 0.30 m y una altura de 0.35 m se tiene:

$$A_V = 0.4 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$$

$$A_V = 0.2 \text{ m}^2$$

3.1.1.3.2.2 *Radio hidráulico.*

Aplicando la ecuación 5-1.

$$R_H = \frac{b_V \times h_V}{b_V + 2h_V}$$

$$R_H = \frac{0.2 \text{ m}^2}{0.4\text{m} + (2 \times 0.5\text{m})}$$

$$R_H = 0.142 \text{ m}$$

3.1.1.3.2.3 *Velocidad del fluído en el canal.*

Aplicando la ecuación 6-1.

$$v_V = \frac{1}{n} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

El resultado de la velocidad de aproximación del fluído está ubicado en el ábaco de la fórmula de Manning figura 15-1 en donde se un R (radio hidráulico) con n (coeficiente de rugosidad de Manning), tabla 11-1, el cual correspondiente al hormigón sin acabado igual a 0.015. La cual se proyecta una línea de referencia a la pendiente 0.0005 m/m que pertenece a la pendiente mínima del canal obteniendo una velocidad de aproximación de 0.4 m/s.

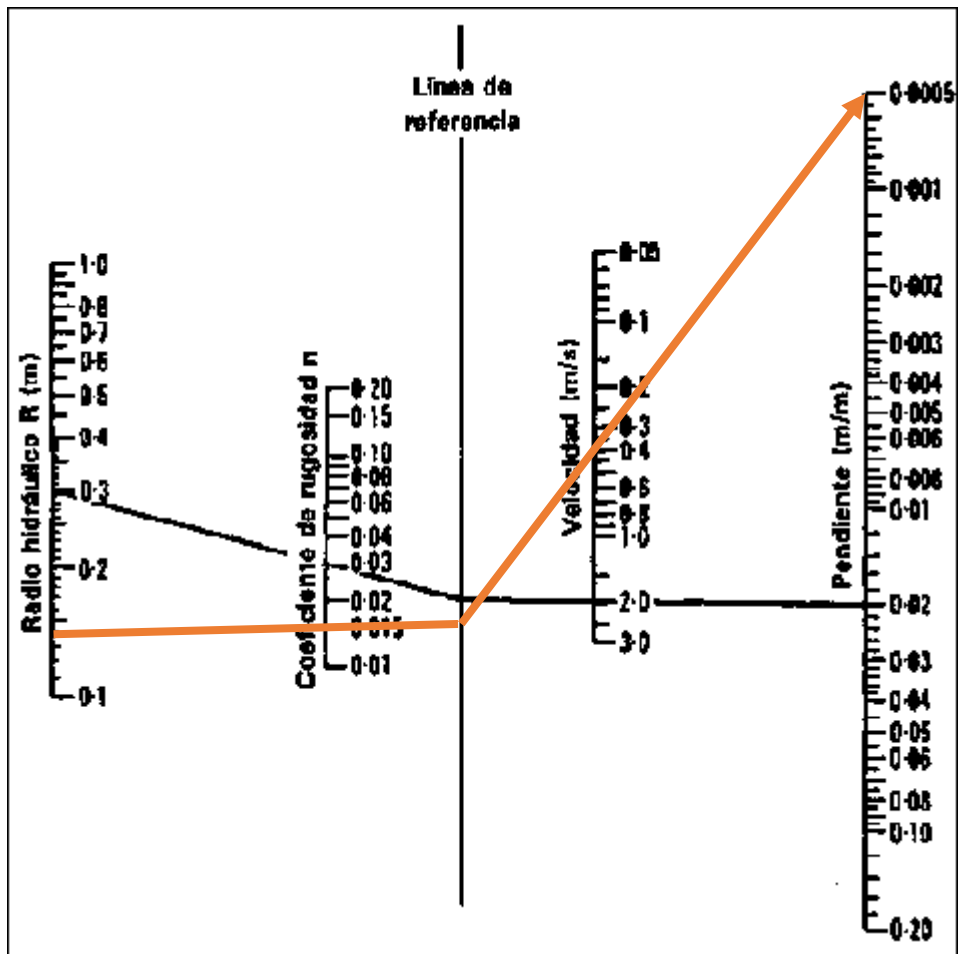


Figura 3-3 Ábaco de la Fórmula de Manning en el dimensionamiento de las rejillas.
Fuente: MOYA, Juan, 2016.

$$v_v = 0.4 \frac{m}{s}$$

3.1.1.3.3 Dimensionamiento de las rejillas.

3.1.1.3.3.1 Área entre barras.

Aplicando la ecuación 7-1.

$$A_b = \frac{Q_D}{v_a}$$

$$A_b = \frac{\frac{0.0032 m^3}{s}}{0.4 \frac{m}{s}}$$

$$A_b = 0.008 m^2$$

3.1.1.3.3.2 *Área de la sección transversal del flujo.*

Aplicando la ecuación 8-1.

$$A_1 = \frac{A_b(W + e)}{W}$$

$$A_1 = \frac{0.008 \text{ m}^2(0.025\text{m} + 0.01\text{m})}{0.025\text{m}}$$

$$A_1 = 0.0112 \text{ m}^2$$

3.1.1.3.3.3 *Número de barras.*

Aplicando la ecuación 9-1.

Los datos de W y e (Tabla 12-1)

$$N_B = \frac{b_c - W}{W + e}$$

$$N_B = \frac{0.4\text{m} - 0.025\text{m}}{0.025\text{m} + 0.01\text{m}}$$

$$N_B = 10 \text{ barras}$$

3.1.1.3.3.4 *Nivel de agua máximo.*

Aplicando la ecuación 10-1.

$$d_{max} = \frac{Q_D}{v_a \times b_c}$$

$$d_{max} = \frac{\frac{0.0032 \text{ m}^3}{s}}{0.4 \frac{\text{m}}{s} \times 0.4 \text{ m}}$$

$$d_{max} = 0.02 \text{ m}$$

3.1.1.3.3.5 *Longitud de la rejilla en sumersión.*

Aplicando la ecuación 11-1 determinamos la longitud de la rejilla en sumersión por lo que concierne al ángulo se determinó de acuerdo a las condiciones de la tabla 8-1 un ángulo de 50°.

$$L_s = \frac{d_{max}}{\sin \theta}$$

$$L_s = \frac{0.02m}{\sin 50}$$

$$L_s = 0.026 \text{ m}$$

3.1.1.3.3.6 Pérdida de carga.

Aplicando la ecuación 12-1.

$$h_c = \beta \left(\frac{e}{W} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{v_v^2}{2g} \sin \theta$$

Donde β = forma circular 1.79 (figura 18-1).

$$h_c = 1.79 \left(\frac{0.01m}{0.025m} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{\frac{0.4^2 m}{s}}{\frac{2 \times 9.8m}{s^2}} \sin 50$$

$$h_c = 0.0032 \text{ m}$$

3.1.1.3.4 Dimensionamiento del tanque de aireación primaria.

Para el dimensionamiento del tanque de aireación primaria se debe considerar los siguientes puntos:

- En este tanque se adiciona sulfato de manganeso al 5% a un volumen de $5m^3$, por lo que se recomienda dimensionar un tanque de $6 m^3$.
- En este tanque se descarga el agua lavado y pelambre posteriormente y nunca las dos aguas se deben mezclar debido a su carga de materia orgánica. Este tanque sirve para el sistema de tratamiento para el agua de descarga del proceso de lavado y pelambre.

3.1.1.3.4.1 Volumen del tanque.

Aplicando la ecuación 43-1.

$$V_{A1} = b_a \times h_a \times L_a$$

$$V_{A1} = 2m \times 2m \times 1.5m$$

$$V_{A1} = 6m^3$$

Para el diseño del compresor se debe tener en consideración el caudal, la temperatura, DBO₅, DQO y la materia orgánica existente en esta.

3.1.1.3.4.2 *Cálculo del caudal de aire en función del DBO₅.*

Aplicando la ecuación 44-1.

$$\begin{aligned}
 & 2920 \text{ mg} \frac{\text{DBO}_5}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ Kg DBO}_5}{1 \times 10^6 \text{ mg DBO}_5} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{276.48 \text{ m}^3}{\text{d}} \\
 & = 807.32 \text{ Kg} \frac{\text{DBO}_5}{\text{dia}} \\
 & 807.32 \text{ Kg} \frac{\text{DBO}_5}{\text{dia}} \times \frac{154 \text{ m}^3 \text{aire}}{1 \text{ Kg DBO}_5} \times \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \\
 & = 86.33 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}
 \end{aligned}$$

Se consideró el valor de DBO₅ mas alto entre el agua de lavado y pelambre por lo que significa que se necesita un caudal de aire de 86.33 m³/min para tratar el agua de descarga de los procesos tanto de lavado como pelambre.

3.1.1.3.4.3 *La presión hidrostática del agua.*

Aplicando la ecuación 45-1.

$$\begin{aligned}
 P_{H2O} &= \rho \times g \times h_a \\
 P_{H2O} &= 998 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2 \text{m} \\
 P_{H2O} &= 19.56 \times 10^3 \text{Pa} \\
 P_{H2O} &= 19.56 \times 10^3 \text{Pa} \times \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} \times \frac{14.7 \text{ Psi}}{1 \text{ atm}} \\
 P_{H2O} &= 2.84 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

3.1.1.3.4.4 *Presión absoluta.*

Aplicando la ecuación 46-1.

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{H2O}$$

$$P_{abs} = 14.7 \text{ Psi} + 2.84 \text{ Psi}$$

$$P_{abs} = 17.54 \text{ Psi}$$

3.1.1.3.4.5 Variación térmica del aire de compresión.

Aplicando la ecuación 47-1

$$\Delta T_{ad} = \frac{T_1}{\eta} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

En donde:

$\eta = 85\%$

$T_1 = 20^\circ\text{C}$ (Temperatura ambiente).

$$\Delta T_{ad} = \frac{273 + 20}{0.85} \left[\left(\frac{17.54}{14.7} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$\Delta T_{ad} = 17.7^\circ\text{C}$$

3.1.1.3.4.6 Temperatura de salida del aire.

Aplicando la ecuación 48-1.

$$T_2 = T_1 + \Delta T_{ad}$$

$$T_2 = 20 + 17.7$$

$$T_2 = 37.7^\circ\text{C}$$

3.1.1.3.4.7 Potencia del compresor.

Aplicando la ecuación 49-1 se calcula de acuerdo con el caudal de aire de salida del agua en ft^3/min por lo que se tiene una potencia de:

$$P_c = \frac{0.22 Q_{O_2}}{\eta} \left[\left(\frac{P_2}{14.7} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$P_c = \frac{0.22 (3048.7)}{0.85} \left[\left(\frac{17.54}{14.7} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$P_C = 40.4 \frac{f^3 \text{psi}}{\text{min}}$$

$$P_C = 0.18 \text{ Hp}$$

Se recomienda un compresor de aire de 0,2 Hp

3.1.1.3.5 *Sulfato de manganeso al 5%.*

3.1.1.3.5.1 *Volumen del sulfato de manganeso al 5% en el agua de descarga del proceso de lavado.*

$$\begin{array}{ccc} 15\text{ml} & \longrightarrow & 1\text{L} \\ X & \longleftarrow & 5000\text{L} \end{array}$$

$$X = 75 \text{ L. de sulfato de manganeso al 5\%}$$

3.1.1.3.5.2 *Volumen del sulfato de manganeso al 5% en el agua de descarga del proceso de pelambre.*

$$\begin{array}{ccc} 15\text{ml} & \longrightarrow & 1\text{L} \\ X & \longleftarrow & 4000\text{L} \end{array}$$

$$X = 60 \text{ L. de sulfato de manganeso al 5\%}$$

Se recomienda un tanque de almacenamiento de 1m^3 para el sulfato de manganeso al 5%

3.1.1.3.5.3 *Preparación del sulfato de manganeso al 5%.*

$$\begin{array}{ccc} 5 \text{ gr} & \longrightarrow & 0.1 \text{ L} \\ X & \longleftarrow & 1000\text{L} \end{array}$$

$$X = 50 \text{ Kg de sulfato de Manganeso.}$$

3.1.1.3.6 *Dimensionamiento del tanque de Floculación.*

Una vez que llega el agua a tratar al tanque de floculación se procede a adicionar el coagulante PAC100 y el floculante aniónico PROFLOC932.

3.1.1.3.6.1 *Área del tanque de floculación.*

Aplicando la ecuación 25-1.

$$A_F = \frac{Q_D}{C_s}$$
$$A_F = \frac{276.48 \text{ m}^3/\text{d}}{50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}}$$
$$A_F = 5.5 \text{ m}^2$$

3.1.1.3.6.2 *Ancho del tanque de floculación.*

Aplicando la ecuación 26-1.

$$A_n = \sqrt{\frac{A_F}{2}}$$
$$A_n = \sqrt{\frac{5.5 \text{ m}^2}{2}}$$
$$A_n = 1.6 \text{ m}$$

3.1.1.3.6.3 *Longitud del tanque de floculación.*

Aplicando la ecuación 27-1.

$$L_g = \frac{A_F}{A_n}$$
$$L_g = \frac{5.5 \text{ m}^2}{1.6 \text{ m}}$$
$$L_g = 3.4 \text{ m}$$

3.1.1.3.6.4 *Volumen del tanque de floculación.*

Aplicando la ecuación 28-1.

$$V_C = A_n \times L_g \times h_f$$
$$V_C = 1.6 \text{ m} \times 3.4 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$$
$$V_C = 8.16 \text{ m}^3$$

3.1.1.3.6.5 *Diámetro del tanque de floculación.*

Aplicando la ecuación 29-1.

$$\begin{aligned}\phi_f &= \sqrt{4 \times \frac{A_F}{\pi}} \\ \phi_f &= \sqrt{4 \times \frac{5.5 \text{ m}^2}{3.1415}} \\ \phi_f &= 2.64 \text{ m}\end{aligned}$$

3.1.1.3.6.6 *Tiempo de retención hidráulico.*

Aplicando la ecuación 30-1.

$$\begin{aligned}Trh &= \frac{Q_D}{V_C} \\ Trh &= \frac{11.52 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{8.16 \text{ m}^3} \\ Trh &= 1.4 \text{ h}\end{aligned}$$

3.1.1.3.6.7 *Potencia disipada de la mezcla.*

Aplicando la ecuación 31-1.

$G = 75 \text{ s}^{-1}$ (Tabla 13-1)

$\mu = 1.781 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$ (Tabla 14-1)

$$\begin{aligned}P_F &= G^2 \mu V_C \\ P_F &= 75^2 \text{ s}^{-1} \times 1.781 \frac{\times 10^{-3} \text{ Ns}}{\text{m}^2} \times 8.16 \text{ m}^3 \\ P_F &= 81.74 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \\ P_F &= 81.74 \text{ W}\end{aligned}$$

3.1.1.3.6.8 *Área requerida de las paletas.*

Aplicando la ecuación 32-1.

$C_D = 1.20$ (Tabla 20-1)

$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ (Tabla 14-1)

$$A_p = \frac{2 \times P_F}{C_D \times \rho \times v_{rp}^3}$$

$$A_p = \frac{2 \times 81.74}{1.20 \times 998 \times (0.6 \times 0.75)^3}$$

$$A = 1.5 \text{ m}^2$$

3.1.1.3.7 *Coagulante floculante PAC100 para el agua de descarga del proceso de lavado.*

Teniendo en cuenta experimentalmente se obtuvo:

$$\begin{array}{ccc} 3\text{ml} & \longrightarrow & 1\text{L} \\ X & \longleftarrow & 5075 \text{ L} \\ X = 15.2 \text{ L de PAC100.} \end{array}$$

Considerando las condiciones de operaciones que no son de mayor capacidad de recomienda un tanque de almacenamiento de 500 L.

3.1.1.3.7.1 *Coagulante floculante PAC100 para el agua de descarga del proceso de pelambre.*

$$\begin{array}{ccc} 1\text{ml} & \longrightarrow & 1\text{L} \\ X & \longleftarrow & 5075 \text{ L} \\ X = 5.07 \text{ L de PAC100.} \end{array}$$

3.1.1.3.8 *Floculante aniónico PROFLOC 932 para el agua de descarga del proceso de lavado.*

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ ml} & \longrightarrow & 1\text{L} \\ X & \longleftarrow & 5075 \text{ L} \\ X = 5 \text{ L de PROFLOC932.} \end{array}$$

3.1.1.3.9 *Floculante aniónico PROFLOC 932 para el agua de descarga del proceso de pelambre.*

$$\begin{array}{ccc} 0.5 \text{ ml} & \longrightarrow & 1\text{L} \\ X & \longleftarrow & 5075 \text{ L} \\ X = 2.53 \text{ L de PROFLOC932.} \end{array}$$

Teniendo un volumen demasiado bajo a ocupar para tratar es agua con el floculante aniónico PROFLOC932 se considera un tanque de almacenamiento de 300 L

3.1.1.3.10 *Ácido Sulfúrico 90-91%*

Debido al pH existente en el agua de descarga del proceso de pelambre oscilando los 12-13, se procede a colocar ácido sulfúrico concentrado dentro de la etapa de floculación. Para obtener mejores resultados con referencia a la formación del floculo, al colocar el coagulante y floculante.

La relación experimental, para la adición del ácido sulfúrico a 90-91%:

$$\begin{array}{ccc} 7 \text{ ml} & \longrightarrow & 1\text{L} \\ X & \longleftarrow & 5075 \text{ L} \\ X = 35.52 \text{ L de Ácido Sulfúrico 90-91\%.} \end{array}$$

Se recomienda un tanque de almacenamiento de 1m^3 . La regulación de pH debe ser regulada, debido a que es una operación muy importante para tratar el agua de descarga de pelambre.

3.1.1.3.11 *Dimensionamiento del tanque de decantación.*

3.1.1.3.11.1 *Área del decantador.*

Aplicando la ecuación 18-1.

$$\begin{aligned} A_D &= \pi \times \frac{\theta^2}{4} \\ A_D &= \pi \times \frac{(2\text{m})^2}{4} \\ A_D &= 3.14 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Se considera una base 1.75 m, una altura de 2m y largo de 1.8 m.

3.1.1.3.11.2 *Velocidad ascensional*

Aplicando la ecuación 19-1.

$$V_{asc} = \frac{Q_D}{A_D}$$

$$V_{asc} = \frac{0.0032 \frac{m^3}{s}}{3.14 m^2}$$

$$V_{asc} = 0.001 m/s$$

3.1.1.3.11.3 *Tiempo de retención hidráulico, agua de lavado.*

Aplicando la ecuación 20-1.

$$t_r = \frac{V_D}{Q_D}$$

$$t_r = \frac{6 m^3}{0.0032 \frac{m^3}{s}}$$

$$t_r = 31.25 min$$

3.1.1.3.11.4 *Carga sobre vertedero de salida, agua de lavado.*

Aplicando la ecuación 21-1.

$$C_{ver} = \frac{Q_D}{L_V}$$

$$C_{ver} = \frac{0.0032 \frac{m^3}{s}}{3m}$$

$$C_{ver} = 0.001 \frac{m^2}{s}$$

3.1.1.3.11.5 *Producción de lodos o fangos, agua de lavado.*

Aplicando la ecuación 22-1.

$$F_1 = K_{RS} \times \frac{Kg SS}{Dia agua bruta}$$

$$F_1 = 0.4 \times \frac{308 \text{ Kg}}{\text{Dia agua bruta}}$$

$$F_1 = 123.2 \text{ Kg de } \frac{\text{lodo}}{\text{dia}}$$

3.1.1.3.11.6 Poceta de fangos, agua de lavado.

Aplicando la ecuación 23-1.

$$Q_f = \frac{K_{RS} \times C_{SS} \times Q_D}{1000 \times C_1}$$

$$Q_f = \frac{0.4 \times 60000 \times 11.52}{1000 \times 95}$$

$$Q_f = 2.91 \frac{m^3}{h}$$

3.1.1.3.11.7 Volumen del fango, agua de lavado.

Aplicando la ecuación 24-1.

$$V_F = Q_f \times T_r$$

$$V_F = 2.91 \frac{m^3}{h} \times 0.52 h$$

$$V_F = 1.51 m^3$$

Ocupa 0.6 m de lodo con referencia a la altura del decantador contenida el agua de la etapa de lavado, en el sistema.

3.1.1.3.11.8 Tiempo de retención hidráulico, agua de pelambre.

Aplicando la ecuación 20-1.

$$t_r = \frac{V_D}{Q_D}$$

$$t_r = \frac{6 m^3}{0.0032 \frac{m^3}{s}}$$

$$t_r = 31.25 \text{ min}$$

3.1.1.3.11.9 *Producción de lodos o fangos, agua de pelambre.*

Aplicando la ecuación 22-1.

$$F_1 = K_{RS} \times \frac{Kg\ SS}{Dia\ agua\ bruta}$$

$$F_1 = 0.4 \times \frac{168\ Kg}{Dia\ agua\ bruta}$$

$$F_1 = 67.2\ Kg\ de\ \frac{lodo}{dia}$$

3.1.1.3.11.10 *Poceta de fangos, agua de pelambre.*

Aplicando la ecuación 23-1.

$$Q_f = \frac{K_{RS} \times C_{SS} \times Q_D}{1000 \times C_1}$$

$$Q_f = \frac{0.4 \times 40000 \times 11.52}{1000 \times 95}$$

$$Q_f = 1.94\ \frac{m^3}{h}$$

3.1.1.3.11.11 *Volumen del fango, agua de pelambre.*

Aplicando la ecuación 24-1.

$$V_F = Q_f \times T_r$$

$$V_F = 1.94\ \frac{m^3}{h} \times 0.52\ h$$

$$V_F = 1\ m^3$$

Ocupa 0.4 m de lodo con referencia a la altura del decantador contenida el agua de la etapa de pelambre, en el sistema.

3.1.1.3.12 *Dimensionamiento del tanque de aireación secundario.*

A este tanque llega el agua tratada de los procesos de lavado, pelambre, curtido con recurtido, por lo que el volumen de agua que va a ocupar dicho tanque va a ser la suma de los volúmenes de agua tratada de los procesos tal como la suma de sus respectivos caudales de diseño, y la

cantidad de DBO_5 a tratar para dimensionar el tanque de aireación se considera la suma de los resultados obtenidos en la caracterización de dichas aguas tratadas.

3.1.1.3.12.1 Volumen del tanque de aireación secundario.

Aplicando la ecuación 43-1.

$$V_{A1} = b_a \times h_a \times L_a$$

$$V_{A1} = 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$V_{A1} = 18 \text{ m}^3$$

3.1.1.3.12.2 Cálculo del caudal de aire en función del DBO_5 .

Aplicando la ecuación 44-1.

$$678 \text{ mg} \frac{\text{DBO}_5}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ Kg } \text{DBO}_5}{1 \times 10^6 \text{ mg } \text{DBO}_5} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{788.76 \text{ m}^3}{\text{d}}$$

$$= 534.77 \text{ Kg} \frac{\text{DBO}_5}{\text{dia}}$$

$$534.77 \text{ Kg} \frac{\text{DBO}_5}{\text{dia}} \times \frac{154 \text{ m}^3 \text{ aire}}{1 \text{ Kg } \text{DBO}_5} \times \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}$$

$$= 57.19 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Estos resultados obtenidos significan que se necesita para el agua de descarga del proceso de lavado un caudal de aire de $57.19 \text{ m}^3/\text{min}$.

3.1.1.3.12.3 Presión hidrostática.

Aplicando la ecuación 45-1.

$$P_{H2O} = \rho \times g \times h_a$$

$$P_{H2O} = 998 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2 \text{ m}$$

$$P_{H2O} = 19.56 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$P_{H2O} = 19.56 \times 10^3 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} \times \frac{14.7 \text{ Psi}}{1 \text{ atm}}$$

$$P_{H2O} = 2.84 \text{ Psi}$$

3.1.1.3.12.4 Presión absoluta.

Aplicando la ecuación 46-1.

$$\begin{aligned} P_{abs} &= P_{atm} + P_{H2O} \\ P_{abs} &= 14.7 \text{ Psi} + 2.84 \text{ Psi} \\ P_{abs} &= 17.54 \text{ Psi} \end{aligned}$$

3.1.1.3.12.5 Variación térmica del aire de compresión.

Aplicando la ecuación 47-1.

$$\Delta T_{ad} = \frac{T_1}{\eta} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

En donde:

$\eta = 85\%$

$T_1 = 20^\circ\text{C}$ (Temperatura ambiente)

$$\begin{aligned} \Delta T_{ad} &= \frac{273 + 20}{0.85} \left[\left(\frac{17.54}{14.7} \right)^{0.283} - 1 \right] \\ \Delta T_{ad} &= 17.7^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3.1.1.3.12.6 Temperatura de salida del aire.

Aplicando la ecuación 48-1.

$$\begin{aligned} T_2 &= T_1 + \Delta T_{ad} \\ T_2 &= 20 + 17.7 \\ T_2 &= 37.7^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3.1.1.3.12.7 Potencia del compresor.

Aplicando la ecuación 49-1.

$$\begin{aligned} P_C &= \frac{0.22 Q_{O2}}{\eta} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0.283} - 1 \right] \\ P_C &= \frac{0.22 (2019.64)}{0.85} \left[\left(\frac{17.7}{14.7} \right)^{0.283} - 1 \right] \end{aligned}$$

$$P_C = 28.17 \frac{f^3 \text{psi}}{\text{min}} = 0.12 \text{ Hp}$$

Se recomienda un compresor de aire de 2 Hp

3.1.1.3.13 *Potencia de la Bomba del Tanque de aireación al tanque de floculación.*

3.1.1.3.13.1 *Ecuación de Bernoulli.*

Aplicando la ecuación 50-1.

$$\frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} - H_{r1-2} = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g}$$

En donde:

$P_1 = P_2 = 0$ (Presión atmosférica).

$v_1 = v_2 = 0$ (la velocidad de ascenso y de descenso son despreciables ya que se maneja a volúmenes grandes).

Obteniendo:

$$H_{r1-2} = Z_2 - Z_1$$

En donde:

Z_1 = altura de succión.

Z_2 = altura de descarga.

$$H_{r1-2} = h_s + h_D + H_i + H_a$$

En donde:

h_s = Pérdidas secundarias de succión.

h_D = Pérdidas secundarias de descarga.

H_i = Altura de impulsión.

H_a = altura de aspiración.

3.1.1.3.13.2 *Sumas de pérdidas por carga en el sistema.*

Aplicando la ecuación 51-1.

$$H_{r1-2} = (Z_2 - Z_1) + h_s + h_D + H_i + H_a$$

Para la determinación de las pérdidas carga secundaria tanto como de succión como de descarga se hacen referencia los accesorios que se van a utilizar en el sistema de transporte del fluido y sus respectivos coeficientes adimensionales de pérdida de carga secundaria.

$$D = 2 \text{ pulg.} = 0.05 \text{ m.}$$

$$Q = 3.2 \text{ l/s} = 0.0032 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tabla 1-3 Accesorios: succión tanque de aireación al tanque de floculación.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|---------------------|-------------|----------|
| Conexión al tanque. | 0,5 | 1 |
| Válvula esférica | 6.5 | 1 |
| TOTAL | K= 7 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.1.3.13.3 Velocidad del fluido en el sistema.

Aplicando la ecuación 52-1.

$$v_s = \frac{Q_D}{A} = \frac{Q_D}{\frac{\pi \times \phi_t^2}{4}}$$

$$v_s = \frac{Q}{A} = \frac{0.0032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{\pi \times (0.05 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v_s = 1.63 \text{ m/s}$$

3.1.1.3.13.4 Pérdida de carga en la succión del fluido.

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_s = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_s = 7 \times \frac{1.63^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_s = 0.948 \text{ m}$$

$$D = 2 \text{ pulg.} = 0.05 \text{ m.}$$

$$Q = 3.2 \text{ L/s} = 0.0032 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 2-3 Accesorios: Descarga tanque de aireación al tanque de floculación.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|------------------|----------------|----------|
| Codo de 90° | 0.57 | 2 |
| Válvula esférica | 6.5 | 1 |
| TOTAL | K= 7.64 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.1.3.13.5 Pérdida de carga en la descarga del fluido.

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_D = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_D = 7.64 \times \frac{1.63^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_D = 1.03 \text{ m}$$

Obteniendo la ecuación 51-1.

$$H_{r1-2} = (Z_2 - Z_1) + h_s + h_D + H_i + H_a$$

$$H_{r1-2} = (1.8\text{m} - 0\text{ m}) + 0.948\text{ m} + 1.03\text{ m} + 1.6\text{m} + 0.03\text{ m}$$

$$H_{r1-2} = 5.4\text{ m}$$

3.1.1.3.13.6 Potencia de la Bomba.

Aplicando la ecuación 54-1.

$$P_B = \frac{\rho g Q H_{r1-2}}{n_B}$$

$$P_B = \frac{998 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.0032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 5.4\text{m}}{0.85}$$

$$P_B = 199.12 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$P_B = 0.26 \text{ Hp}$$

Se recomienda una bomba de 0.5 Hp.

3.1.1.3.14 Potencia de la bomba del tanque de floculación al decantador

$$D = 2 \frac{1}{2} \text{ pulg} = 0.063 \text{ m}$$

$$Q = 3.2 \text{ L/s} = 0.0032 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 3-3 Accesorios: succión tanque de floculación al decantador.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|---------------------|---------------|----------|
| Conexión al tanque. | 0,5 | 1 |
| Válvula esférica | 6.1 | 1 |
| TOTAL | K= 6.6 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.1.3.14.1 Velocidad del fluido en el sistema.

Aplicando la ecuación 52-1.

$$v_s = \frac{Q_D}{A} = \frac{Q_D}{\frac{\pi \times \phi_t^2}{4}}$$

$$v_s = \frac{Q}{A} = \frac{0.0032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{\pi \times (0.063 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v_s = 1.026 \text{ m/s}$$

3.1.1.3.14.2 Pérdida de carga en la succión del fluido.

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_s = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_s = 6.6 \times \frac{1.026^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_s = 0.35 \text{ m}$$

$$D = 2 \frac{1}{2} \text{ pulg} = 0.063 \text{ m}$$

$$Q = 3.2 \text{ L/s} = 0.0032 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 4-3 Accesorios: descarga tanque de floculación al decantador.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|------------------|----------------|----------|
| Codo de 90° | 0.54 | 2 |
| Válvula esférica | 6.1 | 1 |
| TOTAL | K= 7.72 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.1.3.14.3 Pérdida de carga en la descarga del fluido.

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_D = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_D = 7.72 \times \frac{1.026^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_D = 0.41 \text{ m}$$

Obteniendo así la ecuación 51-1.

$$H_{r1-2} = (Z_2 - Z_1) + h_s + h_D + H_i + H_a$$

$$H_{r1-2} = (3 - 0) + 0.35 + 0.41 + 2.8 + 0.03$$

$$H_{r1-2} = 6.59 \text{ m}$$

3.1.1.3.14.4 Potencia de la Bomba.

Aplicando la ecuación 54-1.

$$P_B = \frac{\rho g Q H_{r1-2}}{n_B}$$

$$P_B = \frac{998 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.0032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 6.59 \text{ m}}{0.85}$$

$$P_B = 242.64 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$P_B = 0.32 \text{ Hp}$$

Se recomienda una bomba de 0.5Hp.

3.1.1.3.15 *Potencia de la bomba del decantador al tanque de aireación.*

$$D = 2 \text{ pulg} = 0.05 \text{ m}$$

$$Q = 3.2 \text{ l/s} = 0.0032 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 5-3 Accesorios: succión decantador al tanque de aireación.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|------------------|-----------------|----------|
| Codo de 90° | 0.57 | 3 |
| Válvula esférica | 6.5 | 1 |
| TOTAL | K= 6.671 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.1.3.15.1 *Velocidad del fluido en el sistema.*

Aplicando la ecuación 52-1.

$$v_s = \frac{Q_D}{A} = \frac{Q_D}{\frac{\pi \times \phi_t^2}{4}}$$

$$v_s = \frac{Q}{A} = \frac{0.0032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{\pi \times (0.05 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v_s = 1.63 \text{ m/s}$$

3.1.1.3.15.2 *Pérdida de carga en la succión del fluido.*

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_s = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_s = 6.671 \times \frac{1.63^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_s = 0.9 \text{ m}$$

$$D = 2 \text{ pulg} = 0.05 \text{ m}$$

$$Q = 3.2 \text{ L/s} = 0.0032 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tabla 6-3 Accesorios: descarga decantador al tanque de aireación.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|---------------------|----------------|----------|
| Codo de 90° | 0.57 | 1 |
| Válvula esférica | 6.5 | 1 |
| Conexión al tanque. | 0,5 | 1 |
| TOTAL | K= 7.57 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.1.3.15.3 Pérdida de carga en la descarga.

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_D = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_D = 7.57 \times \frac{1.63^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_D = 1.026 \text{ m}$$

Obteniendo la ecuación 51-1.

$$H_{r1-2} = (Z_2 - Z_1) + h_s + h_D + H_i + H_a$$

$$H_{r1-2} = (3 - 2.7) + 0.9 + 1.02 + 2.6 + 2.5$$

$$H_{r1-2} = 7.32 \text{ m}$$

3.1.1.3.15.4 Potencia de la Bomba.

Aplicando la ecuación 54-1.

$$P_B = \frac{\rho g Q H_{r1-2}}{n_B}$$

$$P_B = \frac{998 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.0032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 7.32 \text{ m}}{0.85}$$

$$P_B = 269.52 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$P_B = 0.36 \text{ Hp}$$

Se recomienda una bomba de 0.5 Hp.

3.1.2 *Sistema de tratamiento de agua de descarga para los procesos de curtido y recurtido.*

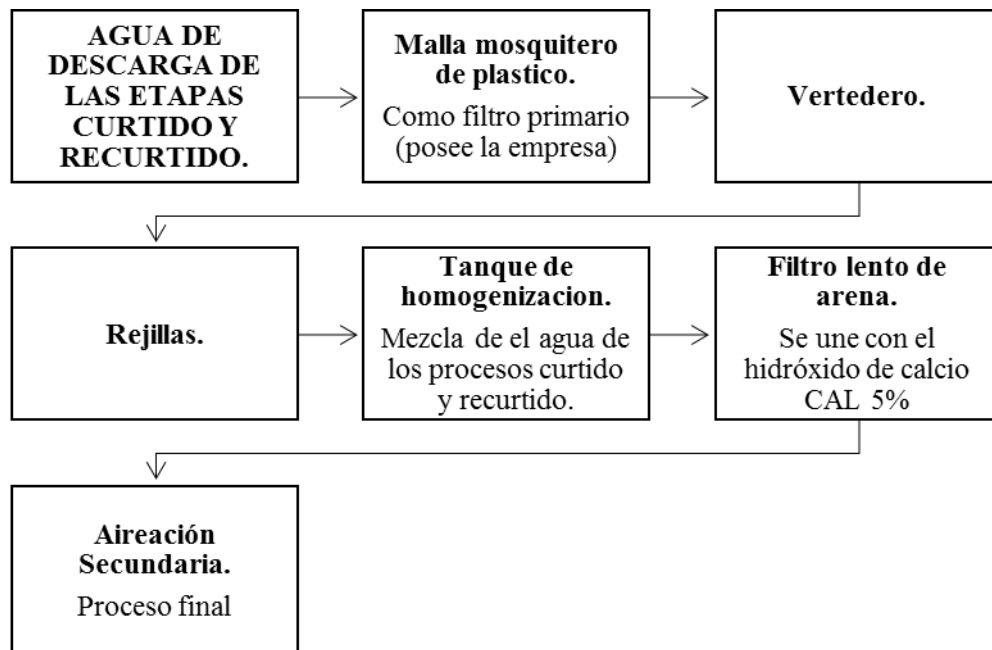


Figura 4-3 Descripción del Sistema de tratamiento de agua para el proceso de Curtido y recurtido.
Fuente: MOYA, Juan, 2016.

3.1.2.1 *Descripción del sistema de tratamiento de agua para la etapa de curtido y recurtido.*

Para dimensionar este sistema de tratamiento de agua de descarga para las etapas de curtido y recurtido en muestra compuesta se debe considerar el caudal promedio de cada una de las etapas, ya que en este sistema se va a tratar el agua de descarga del proceso de curtido y recurtido se obtuvo un volumen de agua a tratar de 6 m^3 , el cual pasa por un vertedero de las mismas condiciones pero en diferentes ubicaciones de infraestructura por lo que se utiliza las mismas condiciones anteriores, tanto como la malla mosquetera el vertedero las rejillas, una vez que pasa por ese sistema va al tanque de homogenización, el cual tiene como finalidad homogenizar las aguas de las dos etapas que caen en diferentes tiempos, la de curtido cae primero y posteriormente el agua de recurtido por lo que es necesario un tanque de homogenización para dichas aguas.

Después de homogenizar las aguas de curtido y recurtido pasa al filtro rápido de arena conjuntamente con el hidróxido de calcio preparado al 5 %, con el fin de que el cromo precipite y se filtre por medios arenosos que ayudan en la tratabilidad a clarificar el agua.

Una vez clarificada el agua por medio del filtro lento de arena pasa al tanque de aireación secundaria dimensionada anteriormente para después ser descargado en norma al sistema de alcantarillado público.

3.1.2.2 *Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua de descarga de las etapas: Curtido y recurtido.*

3.1.2.2.1 *Caudal de Diseño*

Para el caudal de diseño del sistema de tratamiento de agua de descarga de las etapas de curtido y recurtido se tomó un caudal promedio dentro de las descargas de los dos efluentes.

3.1.2.2.1.1 *Caudal.*

Aplicando la ecuación 1-1.

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{20 \text{ L}}{9.5 \text{ s}} = 2.1 \text{ L/s}$$

3.1.2.2.1.2 *Factor de mayorización*

Aplicando la ecuación 2-1.

$$F_M = Q \times 0,3$$

$$F_M = 2.1 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times 0,3$$

$$F_M = 0.63 \text{ L/s}$$

3.1.2.2.1.3 *Fórmula del caudal de diseño*

Aplicando la ecuación 3-1.

$$Q_D = Q + F_M$$

$$Q_D = 2.1 + 0.63$$

$$Q_D = 2.73 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0.00273 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 9.82 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 235.8 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

3.1.2.2.2 *Dimensionamiento del tanque de homogenización.*

3.1.2.2.2.1 *Área del tanque de homogenización.*

Aplicando la ecuación 13-1.

$$\begin{aligned}A_H &= b_H \times h_H \\A_H &= 1.5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\A_H &= 3 \text{ m}^2\end{aligned}$$

3.1.2.2.2.2 *Tiempo de llenado del homogenizado.*

Aplicando la ecuación 14-1.

$$\begin{aligned}t_H &= \frac{A_H \times h_H}{Q_D} \\t_H &= \frac{3 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}}{0,00273 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} \\t_H &= 37 \text{ min}\end{aligned}$$

3.1.2.2.2.3 *Volumen del homogenizado.*

Aplicando la ecuación 15-1.

$$\begin{aligned}V_H &= A_H \times h_H \times fs \\V_H &= 3 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m} \times 1.2 \\V_H &= 7.2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3.1.2.2.2.4 *Potencia de las paletas.*

Aplicando la ecuación 16-1 se obtiene:

$G = 75 \text{ s}^{-1}$ (Tabla 13-1)

$\mu = 1.781 \times 10^3 \text{ Ns/m}^2$ (Tabla 14-1)

$$\begin{aligned}P_H &= G^2 \mu V_H \\P_H &= 75^2 \text{ s}^{-1} \times 1.781 \frac{\times 10^{-3} \text{ Ns}}{\text{m}^2} \times 7.2 \text{ m}^3 \\P_H &= 72.13 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}\end{aligned}$$

$$P_H = 72.13 \text{ W}$$

3.1.2.2.2.5 *Área transversal de las paletas.*

Aplicando la ecuación 17-1.

$$A_P = \frac{2 \times P_H}{C_D \times \rho \times v_{rp}^3}$$

$$A_P = \frac{2 \times 72.13}{1.2 \times 998 \times (0.6 \times 0.75)^3}$$

$$A_P = 1.32 \text{ m}^2$$

3.1.2.2.3 *Dimensionamiento del filtro lento de arena.*

3.1.2.2.3.1 *Área superficial.*

Aplicando la ecuación 33-1.

$$A_s = \frac{Q_D}{N \times v_f}$$

$$A_s = \frac{9.82}{4 \times 0.3}$$

$$A_s = 8.18 \text{ m}^2$$

3.1.2.2.3.2 *Coeficiente de mínimo costo.*

Aplicando la ecuación 34-1.

$$K_C = \frac{2N}{N + 1}$$

$$K_C = \frac{2 \times 4}{4 + 1}$$

$$K_C = 1.6$$

3.1.2.2.3.3 *Longitud de la unidad de filtración.*

Aplicando la ecuación 35-1.

$$B = (A_s \times K_C)^{\frac{1}{2}}$$

$$B = (8.18 \times 1.6)^{\frac{1}{2}}$$

$$B = 3.61 \text{ m}$$

3.1.2.2.3.4 *Ancho de la unidad de filtración.*

Aplicando la ecuación 36-1.

$$A = \left(\frac{A_s}{K_c} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$A = \left(\frac{8.18}{1.6} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$A = 2.26 \text{ m}$$

3.1.2.2.3.5 *Velocidad de filtración real.*

Aplicando la ecuación 1-37.

$$v_{fr} = \frac{Q_D}{(2 \times A \times B)}$$

$$v_{fr} = \frac{9.82}{(2 \times 2.26 \times 3.61)}$$

$$v_{fr} = 0.60 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

3.1.2.2.3.6 *Pérdidas de carga en la arena.*

Aplicando la ecuación 38-1.

$$h_{f1} = \frac{v_{fr} \times h_{fa}}{K_p}$$

$$h_{f1} = \frac{0.60 \times 4}{0.036}$$

$$h_{f1} = 66.7 \text{ m}$$

3.1.2.2.3.7 *Pérdida de carga en la grava y carbón activado.*

Aplicando la ecuación 39-1.

$$h_{f2} = \sum v_{fr} \times \frac{h_{fa}}{K_p}$$

$$h_{f2} = 0.60 \times \frac{4}{3.6}$$

$$h_{f2} = 0.67 \text{ m}$$

3.1.2.2.3.8 *Diámetro hidráulico.*

Aplicando la ecuación 40-1.

$$d_H = \frac{4 A}{P} = \frac{4 A_D \times h_D}{2 h_D + A_D}$$

$$d_H = \frac{4 (0.15) \times 0.2}{2 \times 0.2 + 0.15}$$

$$d_H = 0.21 \text{ m}$$

3.1.2.2.3.9 *Pérdida de carga del drenaje.*

Aplicando la ecuación 41-1.

$$h_{f3} = \frac{1}{3} \lambda \times \frac{L_D}{d_H} \times \frac{v_{fr}^2}{2g}$$

$$h_{f3} = \frac{1}{3} \times 0.026 \times \frac{3}{0.21} \times \frac{0.60^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_{f3} = 0.00227 \text{ m}$$

3.1.2.2.3.10 *Pérdida de carga total de la unidad.*

Aplicando la ecuación 42-1.

$$H_{fT} = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3}$$

$$H_{fT} = 66.7 \text{ m} + 0.67 \text{ m} + 0.00227 \text{ m}$$

$$H_{fT} = 67.37 \text{ m}$$

3.1.2.2.4 *Hidróxido de Calcio (CAL).*

La cal es el principal componente químico que sirve para precipitar al cromo existente en el agua de curtido y recurtido por lo que se recomienda adicionar este químico conjuntamente con

el agua a descargarse al filtro lento de arena, debido que su contacto inmediato forma un precipitado, el cual hace contacto con los poros del filtro lento de arena y clarifica el agua.

Experimentalmente se obtuvo un hidróxido de calcio al 5%, el cual se añadió 15 ml para tratar 1 L de agua de proceso en muestra compuesta por lo que se tiene las siguientes relaciones según su volumen de agua de producción:

$$\begin{array}{ccc} 7 \text{ ml} & \longrightarrow & 1 \text{ L} \\ X & \longleftarrow & 6000 \text{ L} \end{array}$$

$$X = 42 \text{ L de Hidróxido de calcio o CAL al 5\%}$$

42 L de CAL preparada al 5% se utilizara para tratar el volumen de agua del proceso de curtido con recurtido por lo que se recomienda tener un tanque de preparación de 1 m³ de preparación para tratar. Cabe recalcar que la preparación de CAL se debe realizar con agua caliente debido a que este no se diluye fácilmente.

Teniendo así la siguiente relación:

$$\begin{array}{ccc} 5 \text{ gr} & \longrightarrow & 0.1 \text{ L} \\ X & \longleftarrow & 1000 \text{ L} \end{array}$$

$$X = 50 \text{ Kg de Cal/m}^3$$

El agua tratada saliente del proceso de filtración pasara al tanque de aireación secundaria, utilizando la bomba anteriormente dimensionada con un tiempo de reposos de 4 horas para posteriormente ser descargada al sistema de alcantarillado público.

3.1.2.2.5 *Potencia de la bomba del tanque homogenizador al filtro lento de arena.*

$$D = 2 \text{ pulg} = 0.05 \text{ m}$$

$$Q = 2.73 \text{ L/s} = 0.00273 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 7-3 Accesorios: succión tanque homogenizador al filtro lento de arena.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|---------------------|-------------|----------|
| Conexión al tanque. | 0,5 | 1 |
| Válvula esférica | 6.5 | 1 |
| TOTAL | K= 7 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.2.2.5.1 Velocidad de fluido en el sistema.

Aplicando la ecuación 52-1.

$$v_s = \frac{Q_D}{A} = \frac{Q_D}{\frac{\pi \times \phi_t^2}{4}}$$

$$v_s = \frac{Q}{A} = \frac{0.00273 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi \times (0.05 m)^2}{4}}$$

$$v_s = 1.39 m/s$$

3.1.2.2.5.2 Pérdida de carga en la succión del fluido.

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_s = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_s = 7 \times \frac{1.39^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_s = 0.69 m$$

D= 2 pulg=0.05m

Q = 2.73 L/s=0.00273m³/s

Tabla 8-3 Accesorios: descarga tanque homogenizador al filtro lento de arena.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|------------------|----------------|----------|
| Codo de 90° | 0.57 | 2 |
| Válvula esférica | 6.5 | 1 |
| TOTAL | K= 7.64 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.2.2.5.3 Pérdida de carga en la descarga del fluido.

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_D = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_D = 7.64 \times \frac{1.39^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_D = 0.75 m$$

Obteniendo la ecuación 51-1 de la siguiente manera:

$$H_{r1-2} = (Z_2 - Z_1) + h_s + h_D + H_i + H_a$$

$$H_{r1-2} = (4 - 0) + 0.69 + 0.75 + 3.8 + 0.021$$

$$H_{r1-2} = 9.261 \text{ m}$$

3.1.2.2.5.4 Potencia de la Bomba.

Aplicando la ecuación 54-1.

$$P_B = \rho g Q H_{r1-2}$$

$$P_B = 998 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.00273 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 9.261 \text{ m}$$

$$P_B = 247.27 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$P_B = 0.33 \text{ Hp}$$

Se recomienda una bomba de 0.5 Hp.

3.1.2.2.6 Potencia de la bomba del tanque de cal al 5% al filtro lento de arena.

Pérdidas secundarias en la succión accesorios.

$$D = 2 \frac{1}{2} \text{ pulg.} = 0.063 \text{ m}$$

$$Q = 2.73 \text{ l/s} = 0.00273 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 9-3 Accesorios: succión tanque de cal al 5% al filtro lento de arena.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|---------------------|---------------|----------|
| Conexión al tanque. | 0,5 | 1 |
| Válvula esférica | 6.1 | 1 |
| TOTAL | K= 6.6 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.2.2.6.1 Velocidad del fluido en el sistema.

Aplicando la ecuación 52-1.

$$v_s = \frac{Q_D}{A} = \frac{Q_D}{\frac{\pi \times D_t^2}{4}}$$

$$v_s = \frac{Q}{A} = \frac{0.00273 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi \times (0.063 m)^2}{4}}$$

$$v_s = 0.875 m/s$$

3.1.2.2.6.2 *Pérdida de carga en la succión del fluido.*

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_s = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_s = 6.6 \times \frac{0.875^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_s = 0.25 m$$

D= 2 ½ pulg=0.063m

Q = 2.73 L/s=0.00273m³/s

Tabla 10-3 Accesorios: descarga tanque de cal al 5% al filtro lento de arena.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|------------------|----------------|----------|
| Codo de 90° | 0.54 | 2 |
| Válvula esférica | 6.1 | 1 |
| TOTAL | K= 7.18 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.2.2.6.3 *Pérdida de carga en la descarga del fluido.*

$$h_D = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_D = 7.18 \times \frac{0.875^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_D = 0.28 m$$

Obteniendo de la siguiente manera la ecuación 51-1.

$$H_{r1-2} = (Z_2 - Z_1) + h_s + h_D + H_i + H_a$$

$$H_{r1-2} = (4 - 0) + 0.25 + 0.28 + 3.8 + 0.03$$

$$H_{r1-2} = 8.36 m$$

3.1.2.2.6.4 *Potencia de la Bomba.*

Aplicando la ecuación 54-1.

$$P_B = \rho g Q H_{r1-2}$$

$$P_B = 2211 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.00273 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 8.36 \text{ m}$$

$$P_B = 494.5 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$P_B = 0.66 \text{ Hp}$$

Se recomienda una bomba de 1 Hp.

El agua filtrada será succionada por la bomba del Sistema de tratamiento de lavado y pelambre hacia el tanque de aireación por lo que el cálculo de dicha bomba ya está dimensionada en el primer Sistema de tratamiento con una potencia de 0.5 Hp de recomendación.

3.1.3 *Sistema de tratamiento de agua para los procesos de teñido.*

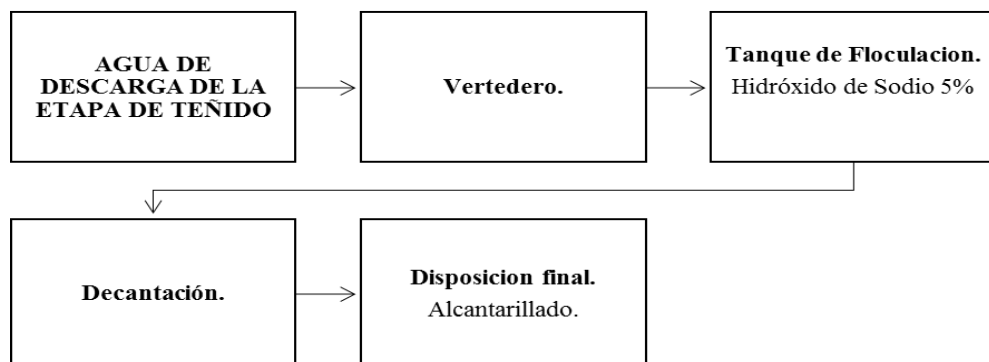


Figura 5-3 Descripción del Sistema de tratamiento de agua para el proceso de teñido.
Fuente: MOYA, Juan, 2016.

3.1.3.1 *Descripción del proceso.*

El ultimo procesos en descargar agua residual contaminada, la cual al realizar su caracterización, se obtuvo valores relativamente bajos con relación a las demás aguas de descarga que se dio la correspondiente tratabilidad.

Se determina el volumen de agua a tratar máximo de 5 m³, sin carga sedimentaria por lo que no es necesario pasar por la malla mosquetera sino directamente por el vertedero bajo las mismas condiciones de dimensiones anteriormente calculadas, pero en diferente ubicación en la infraestructura.

El agua de teñido no posee solidos sedimentables considerables por lo que no es necesario de malla y rejillas, sino que directamente pasa al tanque de floculación y se adiciona hidróxido de sodio preparado al 5% con el volumen experimentalmente exacto y explicado en el transcurso del dimensionamiento del sistema, para posteriormente pasar a un decantador el cual se separa el lodo y el agua se descargara directamente al sistema de alcantarillado público sin dar ningún tipo de aireación.

3.1.3.2 *Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua de descarga de la etapa: Teñido.*

3.1.3.2.1 *Caudal de Diseño*

3.1.3.2.1.1 *Caudal.*

Aplicando la ecuación 1-1

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{20 L}{9.8 s} = 2.04 L/s$$

3.1.3.2.1.2 *Factor de mayorización.*

Aplicando la ecuación 2-1.

$$F_M = Q \times 0,3$$

$$F_M = 2.04 \frac{L}{s} \times 0,3$$

$$F_M = 0.612 L/s$$

3.1.3.2.1.3 *Fórmula del caudal de diseño.*

Aplicando la ecuación 3-1.

$$Q_D = Q + F_M$$

$$Q_D = 2.04 + 0.612$$

$$Q_D = 2.65 \frac{L}{s} = 0.00265 \frac{m^3}{s} = 9.54 \frac{m^3}{h} = 228.96 \frac{m^3}{d}$$

3.1.3.2.2 *Dimensionamiento del tanque de floculación.*

3.1.3.2.2.1 *Área del Tanque.*

Aplicando la ecuación 25-1.

$$A_F = \frac{Q_D}{C_s}$$
$$A_F = \frac{228.96}{50}$$
$$A_F = 4.57 \text{ m}^2$$

3.1.3.2.2.2 *Ancho del tanque.*

Aplicando la ecuación 26-1.

$$A_n = \sqrt{\frac{A_F}{2}}$$
$$A_n = \sqrt{\frac{4.57 \text{ m}^2}{2}}$$
$$A_n = 1.513 \text{ m}$$

3.1.3.2.2.3 *Longitud del tanque de floculación.*

Aplicando la ecuación 27-1.

$$L_g = \frac{A_F}{A_n}$$
$$L_g = \frac{4.57 \text{ m}^2}{1.51 \text{ m}}$$
$$L_g = 3.02 \text{ m}$$

3.1.3.2.2.4 *Volumen del tanque de floculación.*

Aplicando la ecuación 28-1.

$$V_C = A_n \times L_g \times h_f$$
$$V_C = 1.51 \text{ m} \times 3.02 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$$

$$V_C = 6.84 \text{ m}^3$$

3.1.3.2.2.5 *Diámetro del tanque del tanque de floculación.*

Aplicando la ecuación 29-1.

$$\begin{aligned}\phi_f &= \sqrt{4 \times \frac{A_F}{\pi}} \\ \phi_f &= \sqrt{4 \times \frac{4.57 \text{ m}^2}{3.1415}} \\ \phi_f &= 2.41 \text{ m}\end{aligned}$$

3.1.3.2.2.6 *Tiempo de retención hidráulico en el floculador.*

Aplicando la ecuación 30-1.

$$\begin{aligned}Trh &= \frac{Q_D}{V_C} \\ Trh &= \frac{9.54 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{6.84 \text{ m}^3} \\ Trh &= 1.3 \text{ h}\end{aligned}$$

3.1.3.2.2.7 *Potencia disipada de la mezcla.*

Aplicando la ecuación 31-1.

$$\begin{aligned}P_F &= G^2 \mu V_C \\ P_F &= 75^2 \text{ s}^{-1} \times 1.781 \frac{\times 10^{-3} \text{ N s}}{\text{m}^2} \times 6.84 \text{ m}^3 \\ P_F &= 68.85 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \\ P_F &= 68.52 \text{ W}\end{aligned}$$

3.1.3.2.2.8 *Área requerida de las paletas.*

Aplicando la ecuación 32-1.

$$C_D = 1.20$$

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^3 \text{ (T=20}^\circ\text{C)}$$

$$A_p = \frac{2 \times P_F}{C_D \times \rho \times v_{rp}^3}$$

$$A_p = \frac{2 \times 68.52}{1.20 \times 998 \times (0.6 \times 0.75)^3}$$

$$A_p = 1.3 \text{ m}^2$$

3.1.3.2.3 *Hidróxido de Sodio.*

Debido a que el agua de descarga del proceso de teñido presenta un pH ácido que corresponde a un 3-4, se le adiciona al tanque de floculación, hidróxido de sodio preparado al 5% con una relación experimental:

$$\begin{array}{ccc} 15 \text{ ml} & \longrightarrow & 1\text{L} \\ X & \longleftarrow & 6000 \text{ L} \end{array}$$

$$X = 90 \text{ L de Hidróxido de sodio al 5\%}$$

Con un volumen de 90L de Cal preparada al 5% se recomienda un recipiente de almacenamiento de 1m^3 el cual debe ser preparado bajo la siguiente condición:

$$\begin{array}{ccc} 5 \text{ gr} & \longrightarrow & 0.1\text{L} \\ X & \longleftarrow & 1000 \text{ L} \end{array}$$

$$X = 50 \text{ L de Hidróxido de sodio al 5\%}$$

3.1.3.2.4 *Dimensionamiento del tanque de decantación.*

3.1.3.2.4.1 *Área del decantador.*

Aplicando la ecuación 18-1.

$$A_D = \pi \times \frac{\theta^2}{4}$$

$$A_D = \pi \times \frac{(1.8 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_D = 2.54 \text{ m}^2$$

Se considera un decantador con una base de 1.7m, una altura de 2.4m y un largo de 1.5 m.

3.1.3.2.4.2 *Velocidad ascensional.*

Aplicando la ecuación 19-1.

$$V_{asc} = \frac{Q_D}{A_D}$$

$$V_{asc} = \frac{0,00265 \frac{m^3}{s}}{2.54 m^2}$$

$$V_{asc} = 0.001 m/s$$

3.1.3.2.4.3 *Tiempo de retención hidráulico.*

Aplicando la ecuación 20-1.

$$t_r = \frac{V_D}{Q_D}$$

$$t_r = \frac{6 m^3}{0.00265 \frac{m^3}{s}}$$

$$t_r = 37.7 min$$

3.1.3.2.4.4 *Carga sobre vertedero de salida.*

Aplicando la ecuación 21-1.

$$C_{ver} = \frac{Q_D}{L_V}$$

$$C_{ver} = \frac{0.00265 \frac{m^3}{s}}{2m}$$

$$C_{ver} = 0.0013 \frac{m^2}{s}$$

3.1.3.2.4.5 *Producción de lodos o fangos.*

Aplicando la ecuación 22-1.

$$F_1 = K_{RS} \times \frac{Kg SS}{Dia agua bruta}$$

$$F_1 = 0.4 \times \frac{420 Kg}{Dia agua bruta}$$

$$F_1 = 168 Kg de \frac{lodo}{dia}$$

3.1.3.2.4.6 *Poceta de fangos.*

Aplicando la ecuación 23-1.

$$Q_f = \frac{K_{RS} \times C_{SS} \times Q_D}{1000 \times C_1}$$

$$Q_f = \frac{0.4 \times 70000 \times 9.54}{1000 \times 95}$$

$$Q_f = 2.81 \frac{m^3}{h}$$

3.1.3.2.4.7 *Volumen del fango.*

Aplicando la ecuación 24-1.

$$V_F = Q_f \times T_r$$

$$V_F = 2.81 \frac{m^3}{h} \times 0.62 h$$

$$V_F = 1.74 m^3$$

Ocupa 0.7 m de lodo con referencia a la altura del decantador contenida el agua de la etapa de teñido, en el sistema.

3.1.3.2.5 *Potencia de la bomba del tanque de floculación al tanque de decantación.*

$$D = 2 \frac{1}{2} \text{ pulg.} = 0.063 \text{ m}$$

$$Q = 2.65 \text{ L/s} = 0.00265 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 11-3 Accesorios: succión tanque de floculación al tanque de decantación.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|---------------------|-------------|----------|
| Conexión al tanque. | 0,5 | 1 |
| Válvula esférica | 6.5 | 1 |
| TOTAL | K= 7 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.3.2.5.1 Velocidad del fluido en el sistema.

Aplicando la ecuación 52-1.

$$v_s = \frac{Q_D}{A} = \frac{Q_D}{\frac{\pi \times \phi_t^2}{4}}$$

$$v_s = \frac{Q}{A} = \frac{0.00265 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi \times (0.063 m)^2}{4}}$$

$$v_s = 0.85 m/s$$

3.1.3.2.5.2 Pérdida de carga en la succión del fluido

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_s = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_s = 7 \times \frac{0.85^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_s = 0.25 m$$

D= 2 pulg=0.05m

Q = 3.15 L/s=0.00299m³/s

Tabla 12-3 Accesorios: descarga tanque de floculación al tanque de decantación.

| ACCESORIO | K | CANTIDAD |
|------------------|----------------|----------|
| Codo de 90° | 0.57 | 2 |
| Válvula esférica | 6.5 | 1 |
| TOTAL | K= 7.64 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.1.3.2.5.3 Pérdida de carga en la descarga del fluido.

Aplicando la ecuación 53-1.

$$h_D = k_f \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_D = 7.64 \times \frac{0.85^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_D = 0.28 m$$

Obteniendo de la siguiente manera la ecuación 51-1

$$H_{r1-2} = (Z_2 - Z_1) + h_s + h_D + H_i + H_a$$

$$H_{r1-2} = (2.5 - 0) + 0.25 + 0.28 + 2.3 + 0.02$$

$$H_{r1-2} = 5.35 \text{ m}$$

3.1.3.2.5.4 *Potencia de la Bomba.*

Aplicando la ecuación 54-1.

$$P_B = \rho g Q H_{r1-2}$$

$$P_B = 998 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.00265 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 5.35 \text{ m}$$

$$P_B = 138.66 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$P_B = 0.18 \text{ Hp}$$

Se recomienda una bomba de 0.5 Hp.

3.2 RESULTADOS.

3.2.1 *Caracterización fisicoquímica del agua de descarga.*

Todo el proceso de la elaboración del cuero se lleva a cabo en medio acuoso, siendo este un medio preocupante para los curtidores tal como los caudales que producen para sus respectivas descargas, ya que en efecto los problemas van directamente afectados al medio ambiente los cuales las autoridades controlan y toman medidas necesarias ante la problemática. Es complicado definir detalladamente las aguas residuales de una curtiembre, pero existen una serie de características comunes que nos permiten diferenciar de las aguas residuales urbanas y de carácter industriales. Depende mucho del tipo de operación que lleve la empresa y tecnología que posea.

Para determinar la calidad del agua se realizó un análisis físico químico de las descargas, el análisis fue realizado por un laboratorio acreditado (CESSTA) Los análisis se los hizo en función del TULAS, Libro VI. Anexo 1 tabla 8.

Tabla 13-3 Valores obtenidos en las descargas finales de la Curtiembre San Vicente.

| PARÁMETROS | UNIDADES | RESULTADOS. | | | | Límites máximos |
|---------------------|---------------------|-------------|-----------|---------|---------|-----------------|
| | | OCT/13. | MAR/14. | NOV/14. | ABR/15. | |
| pH | UpH | 5.43 | 12.49 | 5.44 | 5.94 | 5-9 |
| DQO | mg/L | 1827 | 15510 | 1772 | 1495 | 500 |
| DBO ₅ | mg/L | 1187 | 10081 | 1152 | 972 | 250 |
| Aceites y grasas | mg/L | 12 | 76 | | | 100 |
| Cromo VI | mg/L | 0.041 | 0.040 | | | 0,5 |
| Temperatura | °C | 18.1 | 18.9 | | | <40 |
| Nitratos | mg/L | 56.67 | 82.63 | | | - |
| Sulfatos | mg/L | 76548 | 214 | 80 | 1210 | 400.0 |
| Sulfuros | mg/L | 10.707 | 529.130 | 2.005 | 1.042 | 1.00 |
| Cromo total | mg/L | 46.03 | 17.75 | 23.61 | 43,15 | - |
| Sólidos suspendidos | mg/L | 125 | 1918 | 92 | 60 | 220 |
| Sólidos | ml/L | 0.2 | <9 | 1.5 | 0.2 | 20.0 |
| Color | Unid. Pt-Co | 1973 | 19933 | | | - |
| Material Flotante | Visible | Ausencia | Presencia | | | Ausencia |
| Carbonatos | mg/ICO ₃ | 0.00 | 0.00 | | | 0.1 |
| Detergentes | mg/L | | | 0 | 0.56 | 2.0 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Ministerio.

3.2.1.1 *Caracterización fisicoquímica del agua de lavado.*

Los resultados de los análisis químicos realizados en el Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, en la siguiente tabla se presentan los resultados del agua de salida de bombo “LAVADO”.

Tabla 14-3 Resultados de los análisis químicos realizados en el Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH

| DETERMINACIONES. | UNIDADES. | MÉTODO. | LÍMITES. | RESULTADOS. |
|----------------------------|-----------|---------|----------|-------------|
| pH. | Und. | 4500-B | 6-9 | 6.72 |
| Turbiedad. | UNT | 2130-B | | 1392 |
| Conductividad. | mSiems/cm | 2510-B | | 27.9 |
| Cloruros. | g/L | | | 16.3 |
| Sólidos Totales Disueltos. | g/L | 2540-C | | 16.8 |
| DBO ₅ . | mg/L | 5210-C | | 1982 |
| DQO. | mg/L | 5220-C | | 2450 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Lab. Análisis técnicos de aguas ESPOCH / Tabla 8 del Tulsma.

*Métodos Normalizados. APHA,AWWA,WPCF 17 ed.

** TULAS TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

3.2.1.2 *Caracterización fisicoquímica del agua de pelambre.*

A continuación se presenta los resultados de los análisis químicos realizados en el Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, en la siguiente tabla se presenta los resultados del agua de salida de bombo “PELAMBRE”.

Tabla 15-3 Resultados de los análisis químicos Pelambre realizados en el Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH

| DETERMINACIONES. | UNIDADES. | MÉTODO. | LÍMITES. | RESULTADOS. |
|----------------------------|-----------|-----------|----------|-------------|
| pH. | Und. | 4500-B | 6-9 | 12.34 |
| Turbiedad. | UNT | 2130-B | | 2780 |
| Conductividad. | mSiems/cm | 2510-B | | 27.2 |
| Sólidos Totales Disueltos. | g/L | 2540-C | | 15.1 |
| DBO ₅ . | mg/L | 5210-B | 250 | 2920 |
| DQO. | mg/L | 5220-C | 500 | 3870 |
| Sólidos Sedimentables. | mL/L | 2540-F | 20 | 35 |
| Sulfatos. | mg/L | HACH-8051 | 400 | 1180 |
| Sulfuros. | mg/L | 4500-E | 1 | 640 |
| Sólidos Totales. | g/L | 2540-B | | 36.88 |
| Alcalinidad. | g/L | 2320-B | | 5.6 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Lab. Análisis técnicos de aguas ESPOCH / Tabla 8 del Tulsma.

*Métodos Normalizados. APHA,AWWA,WPCF 17 ed.

** TULAS TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Tabla 16-3 Resultados de los análisis químicos Pelambre realizados en el CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental).

| PARÁMETROS | MÉTODO/NORMA | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (K=2) | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|-----------------|--|--------|-----------|---------------------|-------------------------|
| Grasas/Aceites. | PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No 5520B | mg/L | 18.9 | ±6% | 70 |
| Fenoles. | PEE/LABCESTTA/14 Standard Methods No APHA 5530C | mg/L | 0.03 | ±29% | 0.2 |
| Tensoactivos. | PEE/LABCESTTA/32 Standard Methods No 3500-CrB | mg/L | 1.8 | ±7% | 0.5 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: CESTTA SGC / Tabla 8 del TULSMA.

3.2.1.3 Caracterización fisicoquímica del agua de curtido.

A continuación se presenta los resultados de los análisis químicos realizados en el Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, en la siguiente tabla se presenta los resultados del agua de salida de bombo “CURTIDO”.

Tabla 17-3 Resultados de los análisis químicos Curtido realizados en el Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH.

| DETERMINACIONES. | UNIDADES. | MÉTODO. | LÍMITES | RESULTADOS |
|----------------------------|-----------|-----------|---------|------------|
| pH. | Und. | 4500-B | 6-9 | 3.1 |
| Turbiedad. | UNT | 2130-B | | 95.2 |
| Conductividad. | mSiems/cm | 2510-B | | 54 |
| Sólidos Totales Disueltos. | g/L | 2540-C | | 31.8 |
| DBO ₅ . | mg/L | 5210-B | 250 | 1455 |
| DQO. | mg/L | 5220-C | 500 | 1852 |
| Sólidos Sedimentables. | mL/L | 2540-F | 20 | 50 |
| Sólidos Totales. | g/L | 2540-B | 1.6 | 57 |
| Cromo Hexavalente. | mg/L | HACH-8023 | 0.5 | 2.21 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Lab. Análisis técnicos de aguas ESPOCH / Tabla 8 del Tulsma.

*Métodos Normalizados. APHA,AWWA,WPCF 17 ed.

** TULAS TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Tabla 18-3 Resultados de los análisis químicos Curtido realizados en el CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental).

| PARÁMETROS | MÉTODO | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (K=2) | VALOR LÍMITE PERMISIBLE. |
|--------------------|--|--------|-----------|---------------------|--------------------------|
| Grasas/Aceites. | PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No 5520B | mg/L | 5 | ±14% | 70 |
| Fenoles. | PEE/LABCESTTA/14 Standard Methods No APHA 5530C | mg/L | >0.2 | ±7% | 0.2 |
| Cromo Hexavalente. | PEE/LABCESTTA/32 Standard Methods No 3500-CrB | mg/L | 0.026 | ±19% | 0.5 |

Elaborado por: Juan Pablo Moya.

Fuente: CESTTA SGC / Tabla 8 del TULSMA.

3.2.1.4 *Caracterización fisicoquímica del agua de recurtido.*

A continuación se presenta los resultados de los análisis químicos realizados en el Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, en la siguiente tabla se presenta los resultados del agua de salida de bombo “RECURTIDO”.

Tabla 19-3 Resultados de los análisis químicos Recurtido realizados en el Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH.

| DETERMINACIONES | UNIDADES | MÉTODO | LÍMITES | RESULTADOS |
|----------------------------------|-----------|-----------|---------|------------|
| pH | Und. | 4500-B | 6-9 | 6.38 |
| Turbiedad | UNT | 2130-B | | 1340 |
| Conductividad | mSiems/cm | 2510-B | | 16.3 |
| Sólidos Totales Disueltos | g/L | 2540-C | | 8.9 |
| DBO₅ | mg/L | 5210-B | 250 | 1970 |
| DQO | mg/L | 5220-C | 500 | 2920 |
| Sólidos Sedimentables | mL/L | 2540-F | 20 | 150 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-B | 1.6 | 18 |
| Cromo Hexavalente | mg/L | HACH-8023 | 0.5 | 1.3 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Lab. Análisis técnicos de aguas ESPOCH / Tabla 8 del Tulsma.

*Métodos Normalizados. APHA,AWWA,WPCF 17 ed.

** TULAS TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Tabla 20-3 Resultados de los análisis químicos recurtido realizados en el CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental).

| PARÁMETRO S. | MÉTODO/NOR MA. | UNIDA D. | RESULTA DO | INCERTIDUMB RE (K=2). | VALOR LÍMITE PERMISIB LE. |
|---------------------------|--|-----------------|-------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Grasas/Aceites. | PEE/LABCESTTA/ 42 Standard Methods No 5520B. | mg/L | 8 | ±10% | 70 |
| Fenoles. | PEE/LABCESTTA/ 14 Standard Methods No APHA 5530C. | mg/L | 0.189 | ±7% | 0.2 |
| Cromo Hexavalente. | PEE/LABCESTTA/ 32 Standard Methods No 3500- CrB. | mg/L | <0.02 | ±22% | 0.5 |
| Tensoactivos | PEE/LABCESTTA/ 44 Standard Methods No 5540. | mg/L | 1.8 | ±7% | 2.0 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: CESTTA SGC / Tabla 8 del TULSMA.

3.2.1.5 Caracterización fisicoquímica del agua de Teñido.

A continuación se presenta los resultados de los análisis químicos realizados en el Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, en la siguiente tabla se presenta los resultados del agua de salida de bombo “TEÑIDO”.

Tabla 21-3 Resultados de los análisis químicos Teñido realizados en el Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH.

| DETERMINACIONES. | UNIDADES. | MÉTODO. | LÍMITES. | RESULTADOS. |
|-----------------------------------|------------------|----------------|-----------------|--------------------|
| PH | Und. | 4500-B | 6-9 | 3.71 |
| Turbiedad. | UNT | 2130-B | | 746 |
| Conductividad. | mSiems/cm | 2510-B | | 10.3 |
| Sólidos Totales Disueltos. | g/L | 2540-C | | 4.94 |
| DBO5. | mg/L | 5210-B | 250 | 1240 |
| DQO. | mg/L | 5220-C | 500 | 2360 |
| Sólidos Sedimentables. | mL/L | 2540-F | 20 | 84 |
| Sólidos Totales. | g/L | 2540-B | 1.6 | 17.5 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: Lab. Análisis técnicos de aguas ESPOCH / Tabla 8 del Tulsma.

*Métodos Normalizados. APHA,AWWA,WPCF 17 ed.

** TULAS TABLA 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Tabla 22-3 Resultados de los análisis químicos del teñido, realizados en el CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental).

| PARÁMETROS | MÉTODO/NORMA | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (K=2) | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|----------------|--|--------|-----------|---------------------|-------------------------|
| Grasas/Aceites | PEE/LABCESTTA/4 2 Standard Methods No 5520B. | mg/L | 25.4 | ±5% | 70 |
| Fenoles. | PEE/LABCESTTA/1 4 Standard Methods No APHA 5530C. | mg/L | >0.2 | ±7% | 0.2 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Fuente: CESTTA SGC / Tabla 8 del TULSMA.

3.2.2 *Resultados del diseño de los sistemas de tratamiento de agua de la curtiembre San Vicente.*

3.2.2.1 *Sistema de tratamiento de agua de descarga para la etapa de lavado y pelambre.*

Tabla 23-3 Caudal de diseño.

| PARAMETRO. | VALOR. |
|-------------------------|---------|
| Caudal. | 2.7 L/s |
| Factor de mayorización. | 0.741 |
| Caudal de diseño. | 3.2 L/s |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 24-3 Resultado del diseño del vertedero.

| SISTEMA: Vertedero. | |
|-----------------------------------|--------------------|
| PARAMETRO | VALOR |
| Área del vertedero. | 0.2 m ² |
| Radio hidráulico. | 0.142m |
| Velocidad del fluido en el canal. | 0.4 m/s |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 25-3 Resultados del diseño de las rejillas.

| SISTEMA: Rejillas. | |
|---|-----------------------|
| PARAMETRO. | VALOR. |
| Área entre barras. | 0.008 m ² |
| Área de la sección transversal del flujo. | 0.0112 m ² |
| Número de barras. | 10 barras |
| Nivel de agua máximo. | 0.02 m |
| Longitud de la rejilla en sumersión | 0.026m |
| Pérdida de carga | 0.0032 m |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 26-3 Resultados del diseño del tanque de aireación primaria.

| SISTEMA: Tanque de aireación primaria | |
|--|---------------------------|
| PARAMETRO. | VALOR. |
| Volumen del tanque. | 6 m ³ |
| Caudal de aire en función del DBO ₅ . | 86.33 m ³ /min |
| Presión Hidrostática del agua. | 2.84 psi |
| Presión absoluta. | 17.54 psi |
| Variación térmica del aire en compresión. | 17.7 °C |
| Temperatura de salida del aire. | 37.7 °C |
| Potencia del compresor. | 0.18 Hp |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 27-3 Resultados del diseño del tanque de floculación.

| SISTEMA: Tanque de floculación. | |
|--|--------------------|
| PARAMETRO. | VALOR. |
| Área del tanque. | 5.5 m ² |
| Ancho del tanque. | 1.66 m |
| Longitud del tanque. | 3.4 m |
| Volumen del tanque de floculación. | 8.16 m |
| Diámetro del tanque. | 2.64 m |
| Tiempo de retención hidráulico. | 1.4 h |
| Potencia disipada de la mezcla. | 81.74 W |
| Área requerida de las paletas. | 1.5 m ² |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 28-3 Resultados del diseño del tanque de decantación.

| SISTEMA: Tanque de Decantación. | |
|--|------------------------|
| PARAMETRO. | VALOR. |
| Área del decantador. | 3.14 m ² |
| Velocidad ascensional. | 0.001 m/s |
| Tiempo de retención hidráulico (lavado). | 31.25 min |
| Carga sobre el vertedero de salida (lavado). | 0.001m ² /s |
| Producción de lodos o fangos (lavado). | 123.2 Kg de lodo/día |
| Poceta de fangos (lavado). | 2.91 m ³ /h |
| Volumen del fango (lavado). | 1.51 m ³ |
| Tiempo de retención hidráulico (pelambre). | 31.25 min |
| Producción de lodos o fangos (pelambre). | 67.2 Kg de lodo/día |
| Poceta de fangos (pelambre). | 1.94 m ³ /h |
| Volumen del fango (lavado). | 1 m ³ |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 29-3 Resultados del diseño del tanque de aireación secundaria.

| SISTEMA: Tanque de aireación secundaria. | |
|---|---------------------------|
| PARAMETRO. | VALOR. |
| Volumen del tanque. | 18 m ³ |
| Caudal de aire en función del DBO ₅ | 57.19 m ³ /min |
| Presión Hidrostática del agua. | 2.84 psi |
| Presión absoluta. | 17.54 psi |
| Variación térmica del aire en compresión. | 17.7 °C |
| Temperatura de salida del aire. | 37.7 |
| Potencia del compresor. | 0.12 Hp |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 30-3 Potencia de bombas.

| PARAMETRO. | VALOR. |
|---|---------------|
| Bomba del Tanque de aireación al tanque de floculación. | 0.26 Hp |
| Bomba del tanque de floculación al decantador. | 0.32 Hp |
| Bomba del decantador al tanque de aireación. | 0.36 Hp |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.2.2.2

Sistema de tratamiento de agua de descarga para la etapa de curtido y recurtido.

Tabla 31-3 Caudal de diseño.

| PARAMETRO. | VALOR. |
|-------------------------|----------|
| Caudal. | 2.1 L/s |
| Factor de mayorización. | 0.63 |
| Caudal de diseño. | 2.73 L/s |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 32-3 Resultados del diseño del tanque de homogenización.

| SISTEMA: Tanque de homogenización. | |
|------------------------------------|---------------------|
| PARAMETRO. | VALOR. |
| Área del tanque | 3 m ² |
| Tiempo de llenado del homogenizado | 37 min |
| Volumen del homogenizado | 7.2 m ³ |
| Potencia de las paletas | 72.13 W |
| Área transversal de las paletas | 1.32 m ² |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 33-3 Resultados del diseño del filtro lento de arena.

| SISTEMA: filtro rápido de arena. | |
|---|---------------------|
| PARAMETRO. | VALOR. |
| Área superficial. | 8.18 m ² |
| Coefficiente de mínimo costo. | 1.6 |
| Longitud de la unidad. | 3.61 m |
| Ancho de la unidad. | 2.26 m |
| Velocidad de filtración real. | 0.6 m/h |
| Perdidas de carga en arena. | 66.7 m |
| Perdida de carga en la grava y carbón activado. | 0.67 m |
| Diámetro hidráulico. | 0.21 m |
| Pérdidas de carga del drenaje. | 0.00227 m |
| Pérdidas de carga totales. | 67.37 m |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 34-3 Potencia de bombas.

| PARAMETRO. | VALOR. |
|---|---------|
| Bomba del tanque homogenizador al filtro rápido de arena. | 0.33 Hp |
| Bomba del tanque de cal al 5% al filtro rápido de arena. | 0.66 Hp |
| Bomba del filtro lento de arena al tanque de aireación. | 0.36 Hp |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.2.2.3

Sistema de tratamiento de agua de descarga para la etapa de teñido.

Tabla 35-3 Caudal de diseño.

| PARAMETRO. | VALOR. |
|-------------------------|----------|
| Caudal. | 2.04 L/s |
| Factor de mayorización. | 0.612 |
| Caudal de diseño. | 2.65 L/s |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 36-3 Resultados del diseño del tanque de floculación.

| SISTEMA: Tanque de floculación | |
|------------------------------------|---------------------|
| PARAMETRO. | VALOR. |
| Área del tanque. | 4.57 m ² |
| Ancho del tanque. | 1.51 m |
| Longitud del tanque. | 3.02 m |
| Volumen del tanque de floculación. | 6.84 m |
| Diámetro del tanque. | 2.41 m |
| Tiempo de retención hidráulico. | 1.3 h |
| Potencia disipada de la mezcla. | 68.52 W |
| Área requerida de las paletas. | 1.3 m ² |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 37-3 Resultados del diseño del tanque de decantación.

| SISTEMA: Tanque de Decantación. | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| PARAMETRO. | VALOR. |
| Área del decantador. | 2.54 m ² |
| Velocidad ascensional. | 0.001 m/s |
| Tiempo de retención hidráulico. | 37.7 min |
| Carga sobre el vertedero de salida. | 0.001 m ² /s |
| Producción de lodos o fangos. | 168 Kg de lodo/día |
| Poceta de fangos. | 2.81 m ³ /h |
| Volumen del fango. | 1.74 m ³ |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 38-3 Potencia de bombas.

| PARAMETRO | VALOR |
|---|---------|
| Bomba del tanque de floculación al tanque de decantación. | 0.18 Hp |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.2.3 *Resultados del agua tratada.*

3.2.3.1 *Resultados de las pruebas de tratabilidad (Test de jarras).*

Muestras compuestas:

- Se realizó una prueba de tratabilidad mezclando el agua de pelambre con la de curtido, debido a que formaba un precipitado y se lo trato con sulfato de aluminio. Pero no fue factible ya que la unión de estas dos aguas contaminadas presentaban una gran cantidad de materia orgánica a tratar por lo que sus parámetros de DBO₅ y DQO eran relativamente altos.
- Se realizó una prueba de tratabilidad uniendo el agua de lavado y pelambre, tratando con el químico sulfato de aluminio sin tener ningún éxito en el proceso
- Se realizó una muestra compuesta en la tratabilidad del agua de curtido y recurtido, tratándola con hidróxido de calcio, obteniendo en este caso y único el resultado eficiente a la tratabilidad de dicho proceso por lo que los resultados ya se los han sido mencionados.

3.2.3.1.1 *Sulfato de aluminio.*

Se utilizó el sulfato de aluminio al 2, 4 y 6 por ciento en test de jarras a concentraciones de 1, 3, 5, 7 y 10 ml/L, durante la tratabilidad del agua pelambre por lo que no fue satisfactorio los resultados obtenidos, ya que no cumplían con la normativa de TULSMA libro VI anexo I tabla 8. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 39-3 Resultados con Sulfato de Aluminio al agua de pelambre.

| COMPONENTE: SULFATO DE ALUMINIO | | 6 % (gr/ml) | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-------------|-------|------|------|------|
| CONCENTRACIÓN ml/L | | 1 | 3 | 5 | 7 | 10 |
| PELAMBRE | pH | 11.25 | 10.28 | 9.91 | 9.54 | 9.61 |
| | Turbidez (NTU) | 1105 | 993 | 872 | 820 | 901 |
| | Conductividad (mSiems/cm) | 42 | 34 | 29 | 24 | 35 |
| | DBO ₅ (mg/L) | | | | 1752 | |
| | DQO (mg/L) | | | | 2500 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Previamente obtenido los datos se adiciono ácido sulfúrico concentrado para bajar el pH para observar la reacción y no tuvo una apariencia tanto física como química considerable.

3.2.3.1.2 Policloruro de aluminio.

Se utilizó Policloruro de aluminio para la tratabilidad del agua de lavado a concentraciones de 2, 4, 6 y 8 por ciento en test de jarras del 1, 3, 5 y 7 ml/L obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 40-3 Resultados con Policloruro de Aluminio al agua de Lavado.

| COMPONENTE: POLICLORURO DE ALUMINIO | | 8 % (gr/ml) | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------|------|------|------|
| CONCENTRACIÓN ml/L | | 1 | 3 | 5 | 7 |
| LAVADO | pH | 6.58 | 6.35 | 6.21 | 6.54 |
| | Turbidez (NTU) | 1209 | 1050 | 972 | 1020 |
| | Conductividad (mSiems/cm) | 35 | 29 | 26 | 30 |
| | DBO ₅ (mg/L) | | | 1540 | |
| | DQO (mg/L) | | | 1942 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.2.3.1.3 Cloruro Férrico.

Se utilizó durante la tratabilidad cloruro férrico en el agua de pelambre (con previa regulación del pH) y lavado obteniendo unos resultados mucho mejores que los anteriores pero que no cumplían con los aspectos tanto físicos y químicos que debe cumplir de acuerdo al TULSMA libro VI anexo I tabla8, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 41-3 Resultados con Cloruro férrico al agua de Lavado.

| COMPONENTE: CLORURO FÉRRICO | | 6 % (gr/ml) | | | |
|-----------------------------|---------------------------|-------------|------|------|------|
| CONCENTRACIÓN ml/L | | 1 | 3 | 5 | 7 |
| LAVADO | pH | 6.57 | 6.48 | 6.37 | 6.81 |
| | Turbidez (NTU) | 250 | 120 | 50 | 65 |
| | Conductividad (mSiems/cm) | 28 | 17.5 | 12.4 | 15.9 |
| | DBO ₅ (mg/L) | | | 890 | |
| | DQO (mg/L) | | | 1050 | |

Elaborado por MOYA, Juan, 2016.

Tabla 42-3 Resultados con cloruro férrico al agua de pelambre (previo bajado el pH).

| COMPONENTE: CLORURO FÉRRICO | | 6 % (gr/ml) | | | |
|-----------------------------|---------------------------|-------------|------|------|------|
| CONCENTRACIÓN ml/L | | 1 | 3 | 5 | 7 |
| PELAMBRE | pH | 10.1 | 9.87 | 8.74 | 7.12 |
| | Turbidez (NTU) | 241 | 120 | 45 | 19 |
| | Conductividad (mSiems/cm) | 38 | 25 | 12 | 0.9 |
| | DBO ₅ (mg/L) | | | | 750 |
| | DQO (mg/L) | | | | 1024 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.2.3.1.4 Cloruro férrico más floculante aniónico.

Después de comparar resultados de tratabilidad utilizando el cloruro férrico se adiciono un floculante aniónico que ayude a su precipitación total la cual se utilizó gotas ni llegando a 0.5 ml

El cual en el agua de lavado le dio una apariencia mucho más transparente durante ya el test de jarras y para el agua de pelambre previamente regulado su pH la clarifico y le dio una mejor apariencia tanto física como química buena casi cumpliendo con los parámetros de la normativa.

Durante esta tratabilidad se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 43-3 Resultados con Cloruro férrico más floculante aniónico al agua de Lavado.

| COMPONENTE: CLORURO FÉRRICO MÁS FLOCULANTE ANIÓNICO | | 6 % (gr/ml) | | | |
|--|---------------------------|--------------------|----------|----------|----------|
| CONCENTRACIÓN ml/L | | 1 | 3 | 5 | 7 |
| LAVADO | pH | 6.25 | 6.19 | 6.10 | 6.14 |
| | Turbidez (NTU) | 40 | 24 | 18 | 20 |
| | Conductividad (mSiems/cm) | 287 | 16 | 14.1 | 15.1 |
| | DBO ₅ (mg/L) | | | 550 | |
| | DQO (mg/L) | | | 1005 | |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 44-3 Resultados con cloruro férrico más floculante aniónico al agua de pelambre (previo bajado el pH).

| COMPONENTE: CLORURO FÉRRICO | | 6 % (gr/ml) | | | |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------|----------|----------|----------|
| CONCENTRACIÓN ml/L | | 1 | 3 | 5 | 7 |
| PELAMBRE | pH | 8.5 | 7.42 | 7.2 | 7.18 |
| | Turbidez (NTU) | 80 | 42 | 25 | 23.5 |
| | Conductividad (mSiems/cm) | 41 | 34 | 24.6 | 18.4 |
| | DBO ₅ (mg/L) | | | | 450 |
| | DQO (mg/L) | | | | 994 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.2.3.2 Resultados de la caracterización fisicoquímica del agua tratada de la etapa de lavado.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del proceso de lavado después de haber pasado por el sistema de tratamiento de aguas propuesto como, los componentes químicos en su mayoría se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por el Tulas, el método normalizado que se utilizó para realizar las muestras fue: **Métodos Normalizados:** APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla 45-3 Agua tratada de la etapa de lavado.

| DETERMINACIONES. | UNIDADES. | MÉTODO. | LÍMITES. | RESULTADOS. |
|-----------------------------------|------------------|----------------|-----------------|--------------------|
| pH. | UND. | 4500-B | 6-9 | 6.31 |
| Turbiedad. | UNT | 2130-B | | 5.8 |
| Conductividad. | mSiems/cm | 2510-B | | 9.7 |
| Sólidos Totales Disueltos. | g/L | 2540-C | | 6.98 |
| DBO₅. | mg/L | 5210-C | 250 | 318 |
| DQO. | mg/L | 5220-C | 500 | 682 |
| Cloruros. | g/L | | | 7.02 |
| Sólidos Sedimentables. | ml/L | 2540-F | 20 | 0.01 |
| Sólidos Totales. | g/L | 2540-B | 1.6 | 7.1 |

Elaborado por: Juan Pablo Moya.

3.2.3.3 Resultados de la caracterización fisicoquímica del agua tratada de la etapa de Pelambre.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del proceso de pelambre después de haber pasado por el sistema de tratamiento de aguas propuesto, los componentes químicos en su mayoría se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por el Tulas, el método normalizado que se utilizó para realizar las muestras fue: **Métodos Normalizados:** APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla 46-3 Agua tratada de Pelambre.

| DETERMINACIONES. | UNIDADES. | MÉTODO. | LÍMITES. | RESULTADOS. |
|-----------------------------------|-----------|-----------|----------|-------------|
| pH. | UND. | 4500-B | 6-9 | 7.68 |
| Turbiedad. | UNT | 2130-B | | 4.8 |
| Conductividad. | mSiems/cm | 2510-B | | 11.2 |
| Sólidos Totales Disueltos. | g/L | 2540-C | | 7.4 |
| DBO₅. | mg/L | 5210-B | 250 | 268 |
| DQO. | mg/L | 5220-C | 500 | 543 |
| Sólidos Sedimentables. | ml/L | 2540-F | 20 | 0.01 |
| Sulfatos. | mg/L | HACH-8051 | 400 | 325 |
| Sulfuros. | mg/L | 4500-E | 1 | 0.42 |
| Sólidos Totales. | g/L | 2540-B | 1.6 | 7.8 |
| Alcalinidad. | g/L | 2320-B | | 396 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.2.3.4 Resultados de la caracterización fisicoquímica del agua tratada de la etapa de curtido con recurtido.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del proceso de curtido y recurtido después de haber pasado por el sistema de tratamiento de aguas, los componentes químicos en su mayoría se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por el Tulas, el método normalizado que se utilizó para realizar las muestras fue: **Métodos Normalizados:** APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla 47-3 Agua tratada de Curtido - Recurtido.

| DETERMINACIONES. | UNIDADES. | MÉTODO. | LÍMITES. | RESULTADOS. |
|----------------------------|-----------|-----------|----------|-------------|
| pH. | UND. | 4500-B | 6-9 | 8.3 |
| Turbiedad. | UNT | 2130-B | | 8.38 |
| Conductividad. | mSiems/cm | 2510-B | | 11.5 |
| Sólidos Totales Disueltos. | g/L | 2540-C | | 8.4 |
| DBO ₅ . | mg/L | 5210-B | 250 | 92 |
| DQO. | mg/L | 5220-C | 500 | 368 |
| Sólidos Sedimentables. | ml/L | 2540-F | 20 | 0.01 |
| Sólidos Totales. | g/L | 2540-B | 1,6 | 8.8 |
| Cromo Hexavalente. | mg/L | HACH-8023 | 0,5 | 0.239 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.2.3.5 Resultados de la caracterización fisicoquímica del agua tratada de la etapa de teñido.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del proceso de teñido después de haber pasado por el sistema de tratamiento de aguas propuesto como se puede observar en la tabla 32, los componentes químicos en su mayoría se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por el Tulas, el método normalizado que se utilizó para realizar las muestras fue: **Métodos Normalizados:** APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla 48-3 Agua tratada de Teñido.

| DETERMINACIONES. | UNIDADES. | MÉTODO. | LÍMITES. | RESULTADOS. |
|----------------------------|-----------|---------|----------|-------------|
| pH. | UND. | 4500-B | 6-9 | 6.82 |
| Turbiedad. | UNT | 2130-B | | 4.9 |
| Conductividad. | mSiems/cm | 2510-B | | 6.4 |
| Sólidos Totales Disueltos. | g/L | 2540-C | | 2.61 |
| DBO ₅ . | mg/L | 5210-B | 250 | 75 |
| DQO. | mg/L | 5220-C | 500 | 209 |
| Sólidos Sedimentables. | ml/L | 2540-F | 20 | 0.01 |
| Sólidos Totales. | g/L | 2540-B | 1.6 | 4.8 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

3.2.4 *Análisis de Resultados*

3.2.4.1 *Análisis de resultados para el agua del proceso de lavado.*

Su tratabilidad cumplió con los parámetros a cumplir según el TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente). Libro VI anexo I tabla 8, excepto la cantidad de DBO₅ y DQO debido a que su carga orgánica presente en este tipo de agua el relativamente alto, pero se alcanzó a obtener datos relativamente bajos con respecto a estos parámetros.

Tabla 49-3 Análisis de resultados del agua del proceso de lavado

| PARÁMETROS. | ANTES. | DESPUÉS. |
|----------------------------|------------|-----------|
| pH. | 6.72 | 6.31 |
| Turbiedad. | 1392 NTU | 5.8 NTU |
| Conductividad. | 27.9 uS/cm | 9.7 uS/cm |
| Cloruros. | 16.3 g/L | 7.02 g/L |
| Sólidos Totales Disueltos. | 16.8 g/L | 6.98 g/L |
| DBO ₅ . | 1982 mg/L | 318 mg/L |
| DQO. | 2450 mg/L | 682 mg/L |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

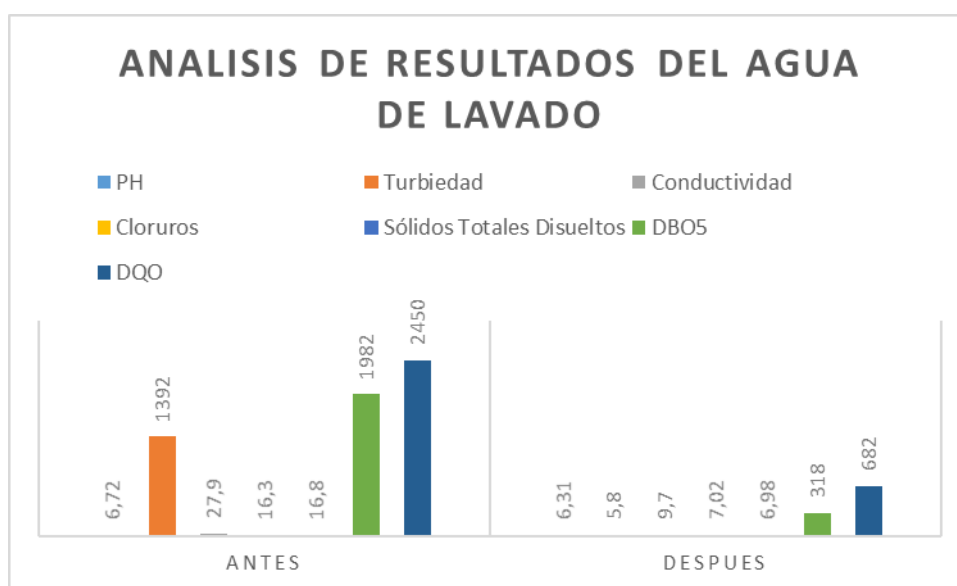


Grafico 1-3 Análisis de Resultado de análisis de agua de Lavado.

3.2.4.2 *Análisis de resultados para el agua de Pelambre.*

Se cumplió con la normativa del TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente). Libro VI anexo I tabla 8, excepto la cantidad de DBO₅ y DQO ya que como son aguas muy contaminadas su comportamiento físico cambio pero su comportamiento

químico al respecto de cantidad de materia orgánica se logró bajar ya a niveles considerables y aceptables.

Tabla 50-3 Análisis de resultados del agua del proceso de pelambre.

| PARÁMETROS. | ANTES | DESPUÉS |
|---------------------------|------------|------------|
| pH | 12.34 | 7.68 |
| Turbiedad | 2780 NTU | 4.8 NTU |
| Conductividad | 27.2 uS/cm | 11.2 uS/cm |
| Sólidos Totales Disueltos | 15.1 g/L | 7.4 g/L |
| DBO ₅ | 2920 mg/L | 268 mg/L |
| DQO | 3870 mg/L | 543 mg/L |
| Sólidos Sedimentables | 35 ml/L | 0.01 ml/L |
| Sulfatos | 1180 mg/L | 325 mg/L |
| Sulfuros | 640 mg/L | 0.42 mg/L |
| Sólidos Totales | 36.88 g/L | 7.8 g/L |
| Alcalinidad | 5.6 g/L | 396 mg/L |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

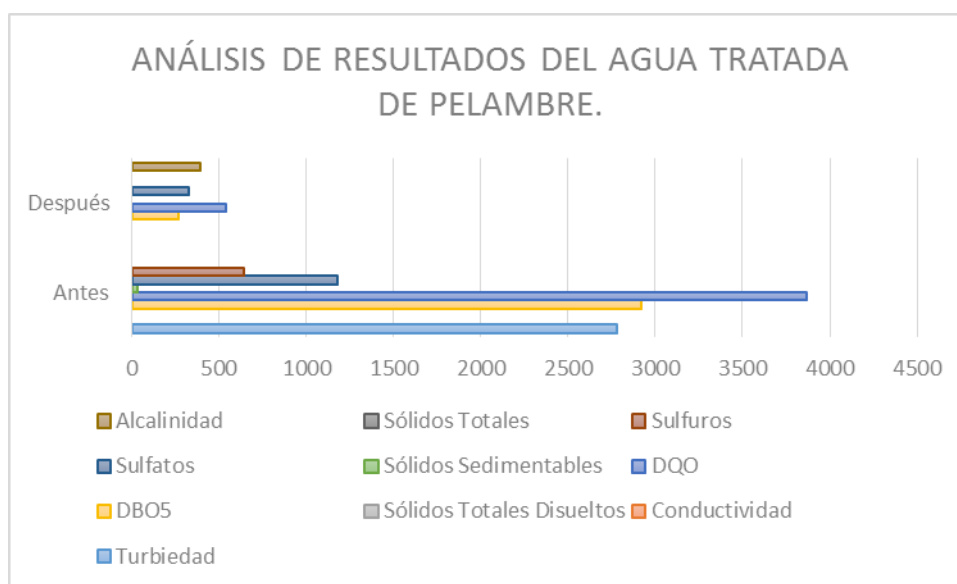


Grafico 2-3 Análisis de resultados del agua de pelambre.

3.2.4.3 *Análisis de resultados del agua de curtido y recurtido.*

Tabla 51-3 Análisis de resultados del agua del proceso de Curtido y recurtido.

| PARÁMETROS. | ANTES. | DESPUÉS. |
|----------------------------|-------------|------------|
| pH. | 4.74 | 8.3 |
| Turbiedad. | 717.6 NTU | 8.38 NTU |
| Conductividad. | 35.15 uS/cm | 11.5 uS/cm |
| Sólidos Totales Disueltos. | 20.35 g/L | 8.4 g/L |
| DBO ₅ . | 1712 mg/L | 92 mg/L |
| DQO | 2386 mg/L | 368 mg/L |
| Sólidos Sedimentables. | 103.5 ml/L | 0.01 ml/L |
| Sólidos Totales. | 37.5 g/L | 8.8 g/L |
| Cromo Hexavalente. | 1.8 mg/L | 0.239 mg/L |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.



Grafico 3-3 Análisis de resultados del agua de curtido y recurtido.

3.2.4.4 *Análisis de resultados del agua de teñido.*

Tabla 52-3 Análisis de resultados del agua de Teñido

| PARÁMETROS | ANTES. | DESPUÉS. |
|----------------------------|------------|-----------|
| pH. | 3.71 | 6.82 |
| Turbiedad. | 746 NTU | 4.9 NTU |
| Conductividad. | 10.3 uS/cm | 6.4 uS/cm |
| Sólidos Totales Disueltos. | 4.94 g/L | 2.61 g/L |
| DBO ₅ . | 1240 mg/L | 75 mg/L |
| DQO. | 2360 mg/L | 209 mg/L |
| Sólidos Sedimentables. | 84 ml/L | 0.01ml/L |
| Sólidos Totales. | 17.5 g/L | 4.8 g/L |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

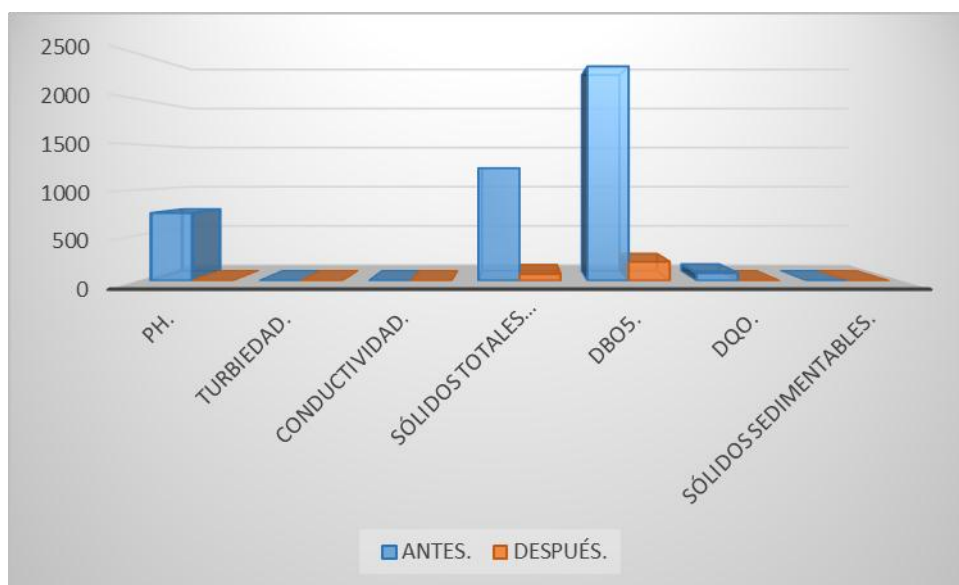


Grafico 4-3 Análisis de resultados del agua de teñido

3.2.5 *Análisis de Costos.*

3.2.5.1 *Costos para el diseño del sistema de tratamiento de agua de las etapas: Lavado y pelambre.*

Tabla 53-3 Costos de equipos e accesorios.

| INSTALACIÓN. | MATERIAL. | UNIDAD. | COSTO (DÓLARES). |
|---|-------------------|---------|------------------|
| Malla mosquetera. | Plástico. | 8 m | 100 |
| Vertedero. | Hormigón. | 1 | 120 |
| Rejillas. | Acero. | 1 | 80 |
| Tanque de aireación primaria. | Hormigón. | 1 | 900 |
| Tanque de floculación. | Hormigón. | 1 | 800 |
| Sistema de decantación. | PVC. | 1 | 750 |
| Sistema de aireación secundaria. | Hormigón. | 1 | 900 |
| Compresor de aire 40 Hp. | Acero. | 1 | 1500 |
| Compresor de aire 4 Hp. | Acero. | 1 | 480 |
| Motor de agitación 2 Hp. | Acero. | 1 | 250 |
| Conexión a tanques 2 pulgadas. | PVC. | 4 | 8 |
| Conexiones a tanque de 2 ½ pulg. | PVC. | 3 | 6.5 |
| Válvulas esféricas 2 pulgadas. | Acero. | 4 | 120 |
| Válvulas esféricas de 2 ½ pulg. | Acero. | 3 | 115 |
| Codos de 90° de 2 pulgadas. | PVC. | 9 | 12.5 |
| Codos de 90° de 2 ½ pulg. | PVC. | 5 | 7.25 |
| Tubería de 2 pulgadas. | PVC. | 15 m | 10.25 |
| Tubería de 2 ½ pulgadas. | PVC. | 10 m | 7.85 |
| Bomba centrífuga 0.5Hp. | Acero. | 3 | 279 |
| Bidón de almacenamiento 1m ³ . | Plástico. | 3 | 300 |
| Paletas de agitación 1.5m. | Acero inoxidable. | 1 | 120 |
| TOTAL | | | 6866.3 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 54-3 Reactivos químicos utilizados en el sistema de tratamiento para el agua de lavado y pelambre.

| QUÍMICO | UNIDAD | COSTO (DÓLARES) |
|---------------------------------|--------|-----------------|
| Sulfato de Manganeseo. | 25 Kg | 59 |
| Coagulante floculante PAC100. | 100Kg | 75 |
| Floculante aniónico PROFLOC932. | 100 Kg | 150 |
| TOTAL | | 284 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 55-3 Costo de instalación del sistema.

| ÍTEM. | COSTO (DÓLARES). |
|-------------------------|------------------|
| Instalación hidráulica. | 980 |
| Mano de obra. | 450 |
| TOTAL | 1430 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Costo sistema N° 1 = 8580.3 Dólares

3.2.5.2 *Costos para el diseño del sistema de tratamiento de agua de las etapas: curtido y recurtido.*

Tabla 56-3 Costos de equipos e accesorios.

| INSTALACIÓN | MATERIAL | UNIDAD | COSTO (DÓLARES) |
|---|-----------|--------|-----------------|
| Vertedero. | Hormigón. | 1 | 120 |
| Tanque de homogenización. | Hormigón. | 1 | 850 |
| Filtro rápido de arena. | Hormigón. | 1 | 950 |
| Motor de agitación de 1.5 Hp. | Acero. | 1 | 175 |
| Malla filtro de nylon. | Tela. | 100 m | 90 |
| Grava gruesa. | Mineral. | 100 Kg | 80 |
| Grava fina. | Mineral. | 100 Kg | 70 |
| Carbón Activado. | Mineral. | 100 Kg | 98 |
| Arena. | Mineral. | 100 Kg | 20 |
| Conexión al tanque 2 pulgadas. | PVC. | 3 | 6.5 |
| Conexión al tanque 2 ½ pulg. | PVC. | 2 | 5.3 |
| Válvulas esféricas 2 pulgadas. | PVC. | 3 | 88 |
| Válvulas esféricas 2 ½ pulg. | PVC. | 2 | 65 |
| Codos de 90° 2 pulgadas. | Acero. | 3 | 3.12 |
| Codos de 90° 2 ½ pulg. | Acero. | 2 | 2.98 |
| Tubería de 2 pulgadas. | PVC. | 15 m. | 10.2 |
| Tubería de 2 ½ pulg | PVC. | 10 m. | 7.85 |
| Bomba centrífuga 0.5 Hp. | Acero. | 1 | 93 |
| Bomba centrífuga de 1 Hp. | Acero. | 1 | 125 |
| Bidón de almacenamiento 1m ³ . | Plástico. | 1 | 100 |
| TOTAL | | | 2959.9 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 57-3 Reactivos químicos utilizados en el sistema de tratamiento para el agua de Curtido y recurtido.

| QUÍMICO. | UNIDAD. | COSTO (DÓLARES). |
|----------------------|---------|------------------|
| Hidróxido de Calcio. | 100 Kg | 89 |
| TOTAL | | 89 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 58-3 Costo de instalación del sistema.

| ÍTEM | COSTO (DÓLARES) |
|------------------------|-----------------|
| Instalación hidráulica | 750 |
| Mano de obra | 290 |
| TOTAL | 1040 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Costo sistema N° 2 = 4088.9 dolares.

3.2.5.3 Costos para el diseño del sistema de tratamiento de agua de la etapa de teñido

Tabla 59-3 Costos de equipos e accesorios.

| INSTALACIÓN | MATERIAL | UNIDAD | COSTO (DÓLARES) |
|---------------------------------|-------------------|--------|-----------------|
| Vertedero. | Hormigón. | 1 | 120 |
| Tanque de floculación. | Hormigón. | 1 | 800 |
| Tanque de decantación. | PVC. | 1 | 750 |
| Motor de agitación 1.6Hp. | Acero. | 1 | 177 |
| Paletas de agitación 1.5 m. | Acero inoxidable. | 1 | 120 |
| Bidón de agua 1m ³ . | Plástico. | 1 | 100 |
| Conexión al tanque 2 pulgadas. | PVC. | 2 | 4.5 |
| Conexión al tanque 2 ½ pulg. | PVC. | 2 | 3.8 |
| Válvulas esféricas 2 pulgadas. | PVC. | 2 | 48 |
| Válvulas esféricas 2 ½ pulg. | PVC. | 2 | 37.5 |
| Codos de 90° 2 pulgadas. | Acero. | 4 | 2.12 |
| Codos de 90° 2 ½ pulg. | Acero. | 3 | 2.98 |
| Tubería de 2 pulgadas. | PVC. | 8 m | 8.4 |
| Tubería de 2 ½ pulg. | PVC. | 4 m | 5.65 |
| TOTAL | | | 2179.95 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 60-3 Reactivos químicos utilizados en el sistema de tratamiento para el agua de Teñido.

| QUÍMICO | UNIDAD | COSTO (DÓLARES) |
|--------------------|--------|-----------------|
| Hidróxido de Sodio | 100 Kg | 70 |
| TOTAL | | 70 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Tabla 61-3 Costo de instalación del sistema.

| ÍTEM | COSTO (DÓLARES) |
|------------------------|-----------------|
| Instalación hidráulica | 730 |
| Mano de obra | 290 |
| TOTAL | 1020 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

Costo sistema N° 2 = 3269.95 dolares.

3.2.5.4 *Costo del sistema de tratamiento a las descargas líquidas de los procesos Curtiembre San Vicente.*

Tabla 62-3 Costo total del sistema de tratamiento de agua de descarga de la curtiembre San Vicente.

| SISTEMA DE TRATAMIENTO | COSTO (DOLARES) |
|--|-----------------|
| Sistema de tratamiento para la etapa de lavado y pelambre | 8580.3 |
| Sistema de tratamiento para la etapa de curtido con recurtido. | 4088.9 |
| Sistema de tratamiento para la etapa de teñido | 3269.95 |
| TOTAL | 15939.15 |

Elaborado por: MOYA, Juan, 2016.

CONCLUSIONES

- La curtiembre San Vicente presenta cinco descargas de efluentes contaminantes al sistema de alcantarillado público sin ningún tratamiento. Estas descargas líquidas provienen de los procesos de: lavado, pelambre, curtido, recurtido y teñido, con un volumen máximo de agua en lavado de 5m^3 , pelambre 4m^3 , curtido 2m^3 , recurtido de 4m^3 y teñido de 5m^3 , siendo evacuados desde los bombos de operación con caudales de operación de: 2.47 L/s en agua de lavado, 2.35 L/s en agua de pelambre, 2.1 L/s en agua de curtido, 2.07 L/s en agua de recurtido y de teñido de 2.04 L/s.
- Las muestras para realizar los análisis fisicoquímicos se tomaron a pie de bombo con un volumen de 6 L de cada una de las descargas selladas y etiquetadas, para proceder con los análisis de caracterización obteniendo los siguientes resultados en el agua de lavado: DBO_5 1982 mg/L, DQO 2450 mg/, cloruros 16.3 g/L, turbidez 1392 NTU, en el agua de pelambre: DBO_5 2920 mg/L, DQO 3870 mg/L, turbidez 2780 NTU, pH 12.34, sulfatos 1180mg/L, sulfuro 640mg/L, en el agua de curtido: cromo hexavalente 2.21 mg/L, DBO_5 1455 mg/L DQO 1852 mg/L, pH 3.1, en el agua de teñido: pH 3.71, turbidez 746 NTU, DBO_5 1240 mg/L, DQO 2360 mg/L, cuyos valores se encuentran fuera de los parámetros de los límites permisibles que rige el TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente) libro VI anexo I tabla 8.
- Se realizó diferentes pruebas de tratabilidad mediante test de jarras con sulfato de aluminio, Policloruro de aluminio, cloruro férrico, y la utilización de floculantes y coagulantes industriales y aniónicos, siendo los tres últimos compuestos químicos con los que se obtuvo unos resultados dentro de los parámetros. Conocido el floculantes y coagulante a utilizar conjuntamente con los resultados de la caracterización, se desarrolló un sistema de tratamiento de agua para la curtiembre San Vicente.
- El diseño dimensionado de tratamiento de agua de descarga de la curtiembre San Vicente se propuso dividir en 3 plantas; la primera planta tratamiento sirve para tratar el agua de descarga de los procesos: lavado y pelambre, la segunda planta de tratamiento sirve para tratar el agua de descarga de los procesos: curtido y recurtido y la tercera planta de tratamiento sirve para tratar el agua de descarga del proceso de teñido.
- La primera planta de tratamiento de agua se estructura de la siguiente forma: malla mosquetera de plástico, vertedero, rejillas, tanque de aireación primaria, tanque de floculación, tanque de decantación, y tanque de aireación secundaria. En este sistema de

tratamiento se van a tratar dos descargas de agua de diferentes procesos (lavado y pelambre), con el PAC100 y PROFLOC932, y con regulación de pH para el agua de descarga de pelambre con ácido sulfúrico 90-91%. Cada una de las descargas se deben tratar por separado debido que son aguas con alto nivel de materia orgánica, motivo por el cual este sistema se diseñó con el volumen máximo de agua de descarga de la operación de lavado, debido a que es mayor con referencia al agua que descarga la etapa de pelambre.

- La segunda planta de tratamiento de agua dimensionada se estructura de la siguiente forma: malla mosquetera de plástico, vertedero, rejillas, tanque de homogenización, filtro lento de arena y tanque aireación final. En este sistema se va a tratar las aguas de descarga de los procesos de curtido y recurtido con hidróxido de calcio al 5%.
- La tercera planta de tratamiento de agua dimensionada está estructurada de la siguiente forma: Vertedero, tanque de floculación, tanque de decantación, y disposición final o alcantarillado. En este sistema de tratamiento de agua se tratara el agua de descarga del proceso de teñido con hidróxido de sodio al 5%.
- Unas ves tratadas las agua se realizó su caracterización obteniendo los siguientes resultados; para el agua tratada de lavado se obtuvo: 318 mg/L DBO₅, 682 mg/L DQO, 7.02g/L de cloruros, 6.98 g/L de solidos totales disueltos, 5.8 NTU de turbidez, para el agua tratada de pelambre se obtuvo: 268 mg/L de DBO₅, 543 mg/L de DQO, pH de 7.68, de turbidez 4.8 NTU, solidos totales disueltos 7.4g/L, 352 mg/L de sulfatos, 0.42 mg/L de sulfuros, para el agua tratada de los procesos curtido y recurtido se obtuvo: 8.9 de pH, 8.38 NTU de turbidez, 95 mg/L de DBO₅, 368 mg/L de DQO, 8.4 mg/L de solidos totales disueltos, 0.239 mg/L de cromo hexavalente, y para el agua tratada de teñido se obtuvo: 6.82 de pH, 4.9 NTU de turbidez, 2.61 de Solidos totales disueltos, 75 mg/L de DBO₅, 209 mg/L de DQO. Los cuales cumplen en su 90% con la normativa que rige la tabla 8 del anexo I, libro VI del TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente).
- Mediante la caracterización del agua residual tratada de pelambre, lavado, curtido, recurtido y teñido se pudo comprobar que la planta de tratamiento es efectiva, de manera que se pueda aprovechar estos recursos para realizar la reutilización del agua tratada por lo tanto es una ganancia económica en insumos y además una reducción de la contaminación ambiental.

- Al caracterizar el agua residual de pelambre los resultados fueron 3875 mg/L de DQO, sólidos totales de 35 mg/L y sulfuros de 640 mg/L. Luego del tratamiento se obtuvo valores para el agua de pelambre de 543 mg/L de DQO, que corresponde a una remoción de 98%, 7.8 mg/L de sólidos totales que equivale a una remoción de 97.25 %. Con la implementación del sistema de tratamiento de agua residual se logra una reducción del impacto ambiental en la curtiembre San Vicente.
- Se puede indicar, que como resultado del tratamiento del agua residual proveniente del proceso de teñido, se obtuvo una remoción del DQO del 100%, DBO₅ 100%, para el contenido de sulfuro se tiene un porcentaje de reducción del 100%. Obteniéndose de esta manera un agua tratada que puede ser descargada al alcantarillado público, puesto que cumple con los límites de descarga establecidos en el TULAS, anexo VI, tabla.

RECOMENDACIONES.

- La curtiembre San Vicente necesita a más de un sistema de tratamiento de aguas residuales de descarga de sus procesos, primeramente un control de caudal tanto como de entrada y salida de agua a la empresa, debido a que el Ministerio del Ambiente controla descarga de efluentes de las curtiembres dentro de la zona urbana.
- Una vez implementados los equipos de tratamiento, dar su correcto mantenimiento y limpiar cada equipo al terminar cada tratamiento respectivo. Se recomienda después de cada descarga de efluente y tratamiento al mismo para que de esta manera tenga un mejor funcionamiento la planta.
- Dar una correcta señalización a toda la empresa ya que no posee, en su sistema de tratamiento, y en su lugar de proceso o elaboración del cuero: bombos, tinas, molinetas, etc.
- En el sistema de tratamiento de agua para la etapa de curtido con recurtido, limpiar la malla mosquetera durante su descarga del fluido, para que no exista taponamientos de agua debido a que posee una cantidad considerablemente alta de sólidos sedimentables, mayormente se presenta en la etapa de recurtido.
- El correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de agua de descarga de la curtiembre San Vicente, depende de la correcta manera de la implementación de los equipos y de su respectivo asesoramiento con respecto al funcionamiento del mismo.
- Para la optimización de costos de operación se obvió tanque y sistemas de bombeo para la adición de químicos. Ya que era innecesario debido a la cantidad de producción, por lo que, dicha adición se la hará manualmente, excepto las que tengan alturas de descarga, como la del hidróxido de calcio.
- La producción de fangos en la tratabilidad del agua de los diferentes procesos. Tienen un uso de carácter muy especial e investigado hoy en día para la agricultura como compostaje. Previamente tratado al lodo con un proceso de secado ya sea manual o mecánico.

- Debido a que la dosificación de los químicos a los tanques de floculación en los procesos de lavado, pelambre y teñido son manuales, se debe tener una suma precaución al utilizar tanto el hidróxido de sodio y el ácido sulfúrico 90-91%, debido a que son tóxicos e inflamables. Por lo que se recomienda ocupar vestimenta adecuada e implementos de seguridad industrial.
- La dosificación de los químicos a los tanques de tratamiento correspondientes a los tanques de floculación se deberá tomar en cuenta no solo al volumen expresado por el presente trabajo de titulación, sino que se debe controlar la descarga en función a su volumen, ya que depende de esta la eficiencia del proceso y la obtención del agua en correctas condiciones.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS.

- **ADZET ADZET, JOSÉ M,** *Química Técnica de Tenerife*, Edición 1985, España-Madrid, Ed. Romanya-Vall,. Pp 40-150.
- **ASAMBLEA CONSTITUYENTE,** *Constitución de la República del Ecuador*, Libro 2008., Ecuador-Quito.
- **BAEZ, N. J,** *Tratamiento Básico de Aguas Residuales*, Edición 1995, Colombia-Baranquilla, Ed. Uninorte, Pp 21-54.
- **BAYER, FARBEFABRIQUEN,** *Para el técnico de curtición*, Quinta Edición 2000, España-Madrid, Ed. Limusa, Pp 24-85
- **BAYER, FARBENFABRIKEN,** *Manual Bayer para la industria del cuero*, Quinta Edición 2004, España-Madrid, Ed Leverkusen, Pp 12-86.
- **CRITES, RON Y TCHOBANOGLIOUS, GEORGE,** *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*, Sexta Edición 2000, Colombia-Bogotá, Ed. McGraw-Hill, Pp 22-48.
- **FRANKEL, AIDA,** *Tecnología del cuero*, Edición 1989, Argentina-Buenos Aires, Ed.Albatros, Pp 45-140.
- **FRENCH, RICHARD H,** *Hidraulica de canales abiertos*, Edición 1988, Mexico-DF, Ed. McGraw-Hill, Pp 38-50.
- **HIDALGO, L,** *Texto básico de curtición de pieles*, Edición 2003, Ecuador-Riobamba, Ed. Limusa, Pp 28-65.
- **LARA, JAIME,** *Depuración de aguas residuales urbana*, Edición 1999, España-Madrid, Ed Romanya Wall, Pp 15-39.

- **METCALF Y EDDY**, *Tratamiento de Aguas Residuales*, Edición 1996, España-Madrid, McGraw-Hill Interamericana, Pp 15-46.
- **PEREZ**, *Bayer para la industria del cuero*, Edición 2010, Colombia-Medellin, Ed. Uninorte, Pp 20-74.
- **PÉREZ, ARTURO**, *Tratamiento de aguas Universidad Nacional - Facultad de Minas*, Edición 2002, Mexico-DF. Ed. Altares, Pp 2-14.
- **R., TERZAGHI K Y PECK**, *Flujo de agua a traves de suelos*, Edición 1992, Mexico-DF, Ed. Limusa, Pp 80-102.
- **RAMALHO, R**, *Tratamiento de Aguas Residuales*, Segunda Edición 2003, España-Madrid, Ed. Reveté, Pp 29-45.
- **RAMIREZ**, *Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables, método APHA 5520*, Edición 2012, Peru-Lima, Ed. Altares, Pp 30-80.
- **RAMIREZ., FRANKLIN**, *Hidraulica de canales*, Edición 1991, Rep. Dominicana-Buena ventura, Ed. Valparaíso, Pp 34-81.
- **RAMÓN, SANS**, *Ingeniería Ambiental: Contaminación y tratamientos*, Edición 1989, España-Madrid, Ed. Marcombo, Pp 60-82.
- **RIGOLA LAPEÑA, MIGUEL**, *Tratamietno de aguas Industriales: Aguas de procesos y residuales*, Edición 1990, España-Barcelona, Ed. Marcombo S.A, Pp 20-73.
- **ROMERO, JAIRO**, *Calidad de agua*, Edición 2002, Colombia-Bogotá, Ed. Nomos S.A, Pp 15-90.
- **SANDOVAL, JOSE C**, *Depuracion de aguas residuales*, Edición 2001, Mexico-DF, Ed. Limusa, Pp 82-126.
- **SCHOLOSSER, LOTHAR**, *XXI Congreso de curtiembre*, Edición 2006, España-Barcelona, , Ed. Mc Graw-Hill Internacional, Pp 12-60.

- **URALITA** , *Sistema de rejillas*, Edición 2012, Mexico-DF, Ed. Altares, Evacuacion de suelos, pág. 269.
- **SOTELO, G**, *Hidraulica General*, Edición 1997, Mexico- DF, Ed. LIMUSA, Pp80-120.
- **TCHOBANOGLIOUS., CRITES**, *Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones*, Edición 2000, MEXICO-DF, McGraw-Hill Interamericana, Pp 80-142
- **VALDEZ, CESAR ENRIQUE**, *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Edición 2000, MEXICO- DF, Fundación ICA, Pp 50-160.
- **VALENCIA, ARBOLEDA**, *Teoría y práctica de la purificación del agua*, Edición 2000, España-Madrid, McGraw-Hill Interamericana S.A. Sociedad Extranjera Pp 40-139.

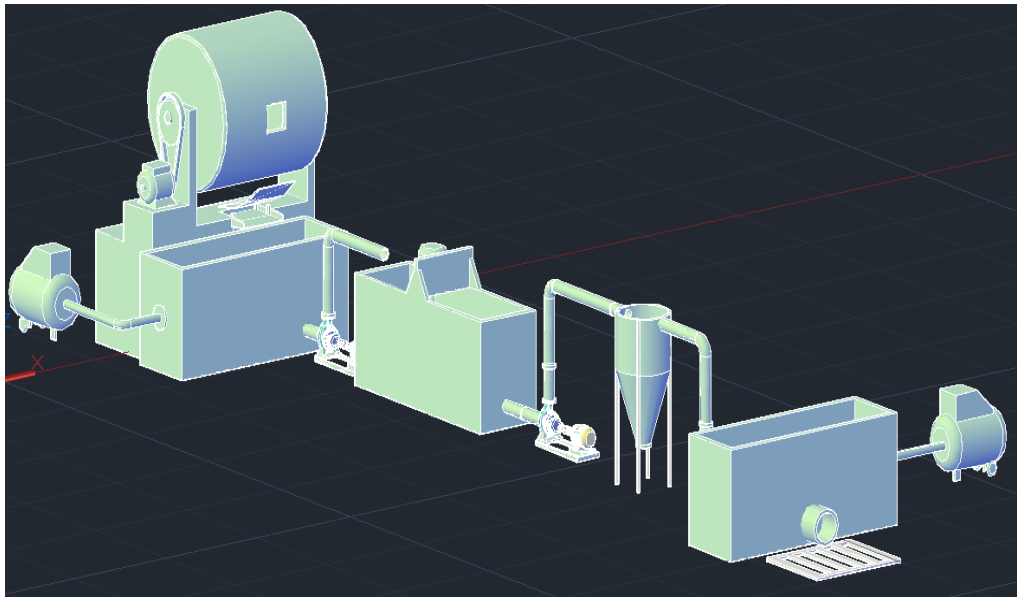
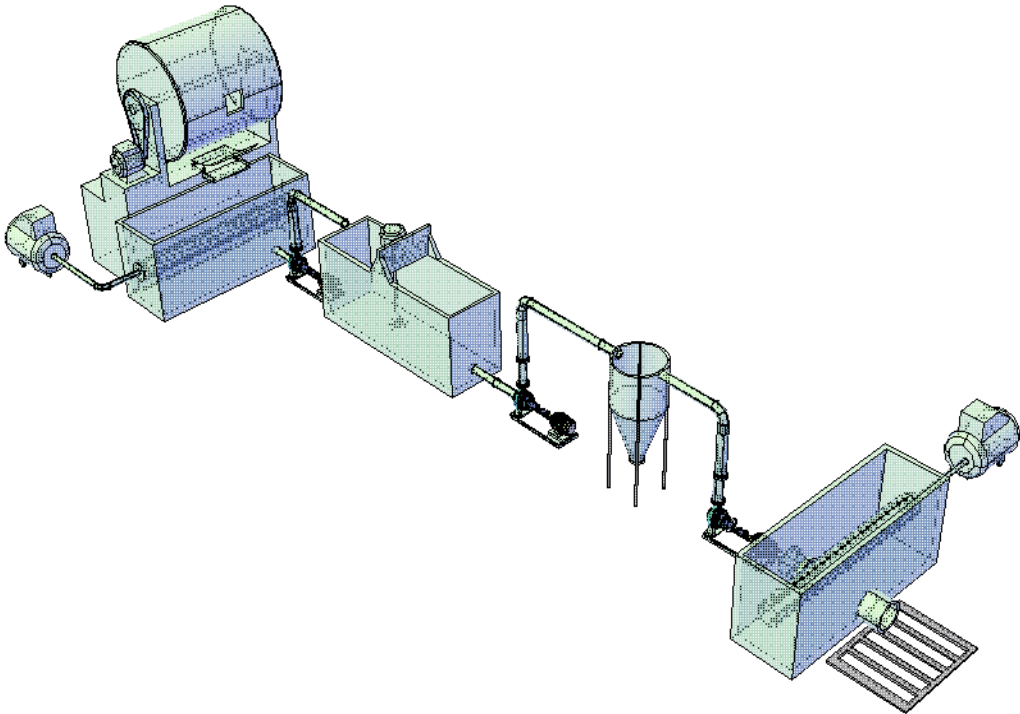
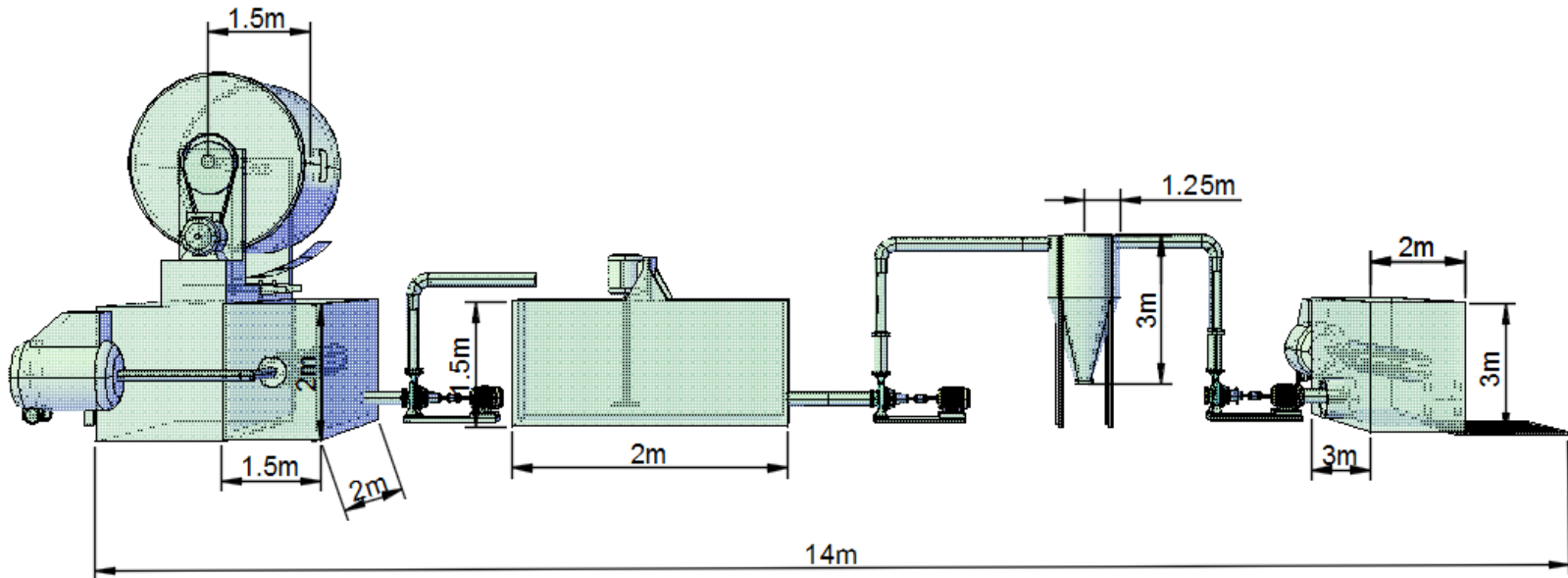
INTERNET.

- **CUERONET.COM**, *Tecnología del cuero*, [En línea], Consulta el 8, 19, 25 de Enero del 2016, Disponible en:
<http://www.cueronet.com/tecnicacuero.htm>.
- **GOOGLE IMAGES. 2016**. Decantador circular . *decantador circular*. [En línea] 25 de 03 de 2016. Disponible en:
http://www.totagua.com/fotos/decantador-rascador_1413364262.jpg.
- **GOOGLE IMAGES** Malla Mosquetera . *Malla Mosquetera* . [En línea] 25 de 03 de 2016, Disponible en:
<http://www.cl.all.biz/img/cl/catalog/middle/19624.jpeg>.
- **GOOGLEMAPS**, *Acceso mapas geograficos*, [En línea] Consulta el 17 de Marzo del 2016, Disponible en:
www.lahistoriaconmapas.com.

- **PROQUIMARSA**, *Floculante Anionico de Alto Peso Molecular para Clarificación de Aguas de Usos Industriales*. Guayaquil 2010, (blog) Consulta el 10 de Febrero del 2016,
URL: www.proquimarsa.com
- **GOOGLE IMAGES**, Tanques de aireacion . *Tanques de aireacion* . [En línea] 27 de 03 de 2016.
http://www.equirepsa.com/equirepsa2011/wpcontent/uploads/2011/11/aireadores_balsas_tanques.jpg.
- **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**, *Tipos de Tratamientos de Aguas Residuales*. [PDF] Consultados el 25 de 03 de 2016,
<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/residuales/Tipos%20de%20Tratamiento.htm>.
- **GOOGLE MAPS. 2016**. Codenadas geográficas en Google Maps. *Codenadas geográficas en Google Maps*. [En línea] 27 de 03 de 2016.
<http://www.coordenadas-gps.com/>.
- **GOOGLE PDF. 2016**. Filtro de arena San Luis. *Filtro de arena San Luis*. [PDF] 27 de 03 de 2016.
<http://www.gits.ws/08cyd/pdfs/A2-FiltroArenaSanLuis.pdf>.
- **KOSHLAND, MARIAN**. National Academy of Sciences. [En línea] 2003. [Citado el: 09 de 12 de 2015.]
<https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Atlas/index.html>.
- **PROQUIMARSA. 2016**. PROQUIMARSA. *PROQUIMARSA*. [En línea] PROQUIMARSA, 07 de 04 de 2016. [Citado el: 07 de 04 de 2016.]
<http://www.proquimarsa.com/>. ISBN/ISSN.

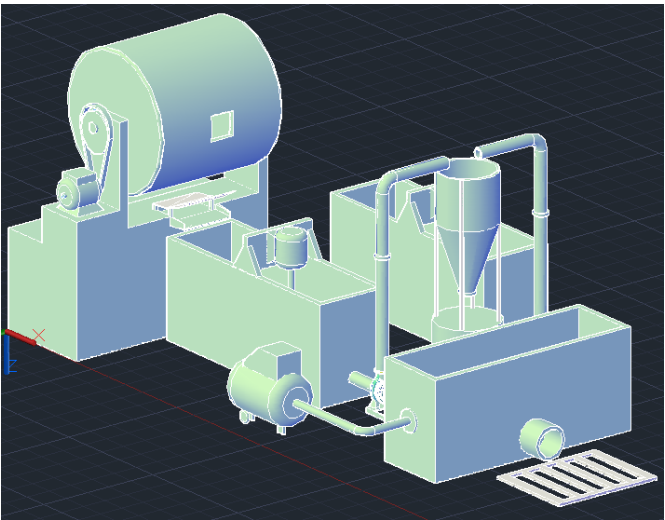
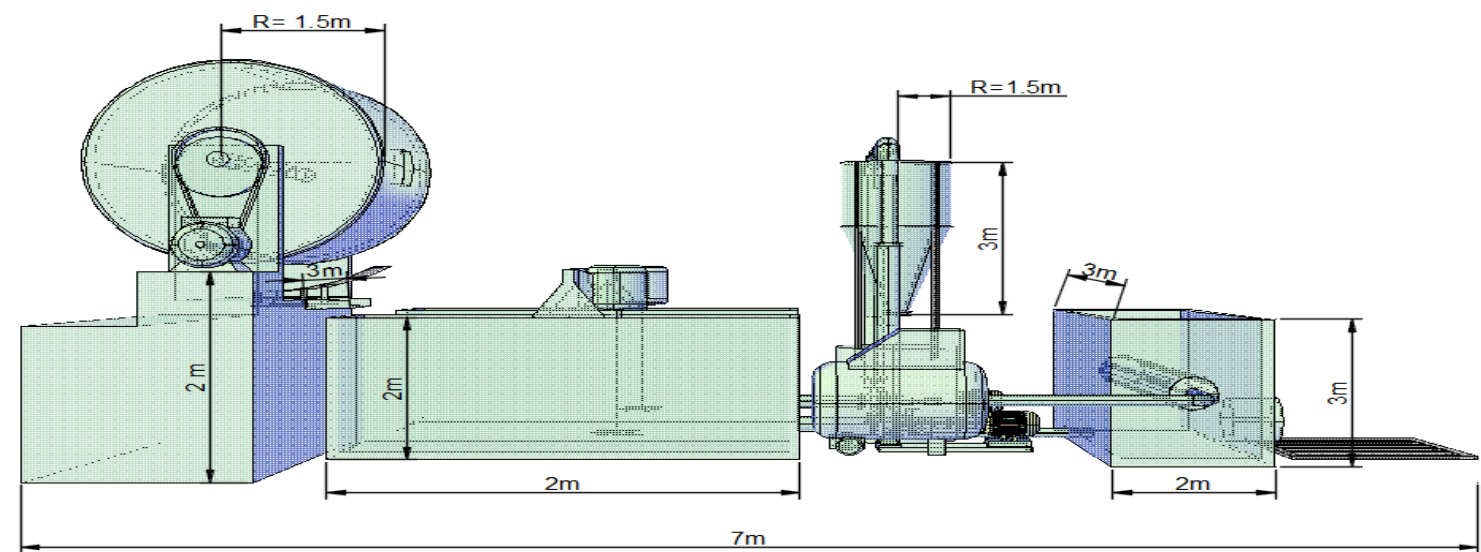
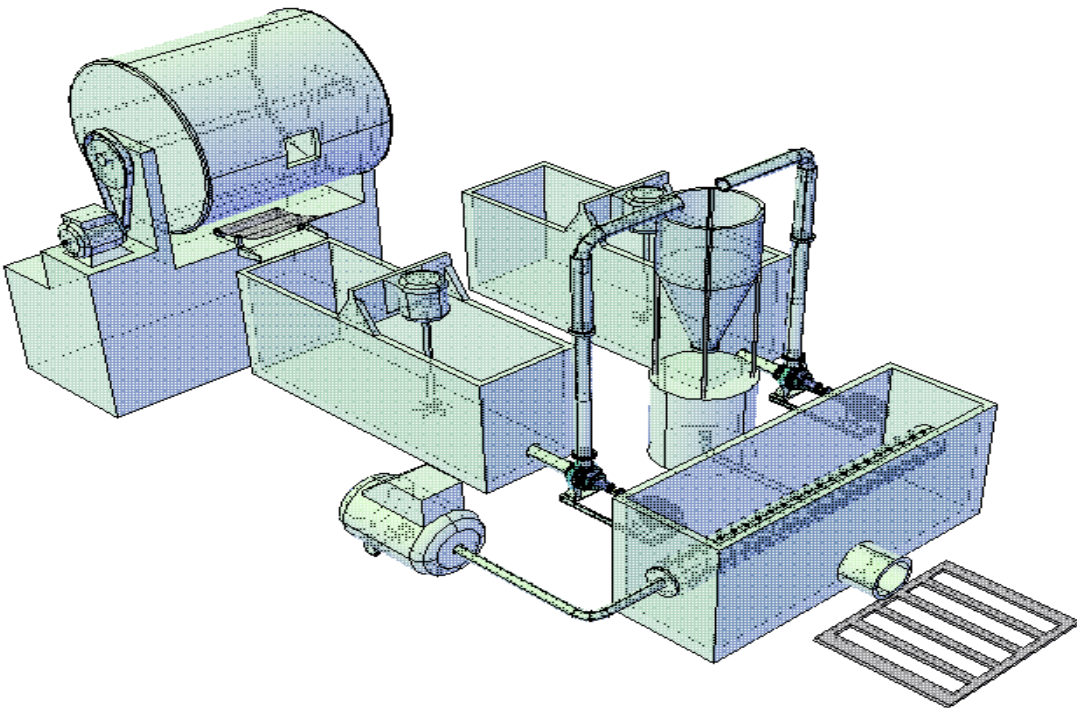
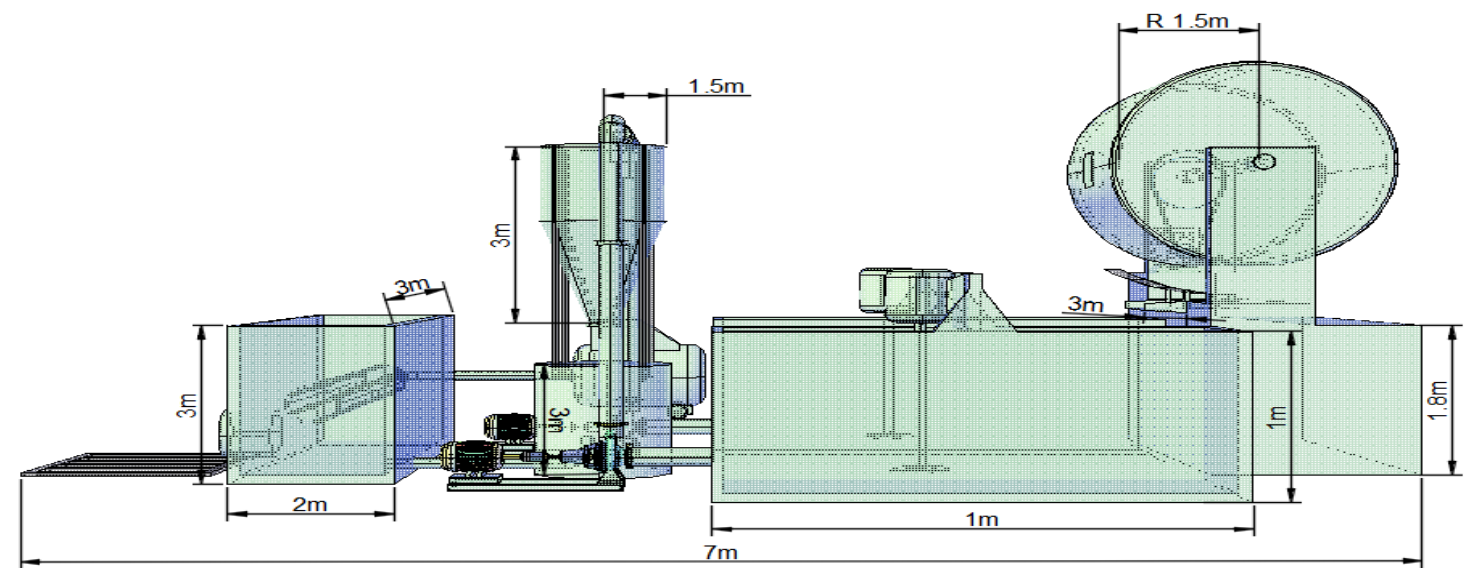
ANEXOS

ANEXO A Sistema de Tratamiento de Agua para el proceso de: Lavado y Pelambre



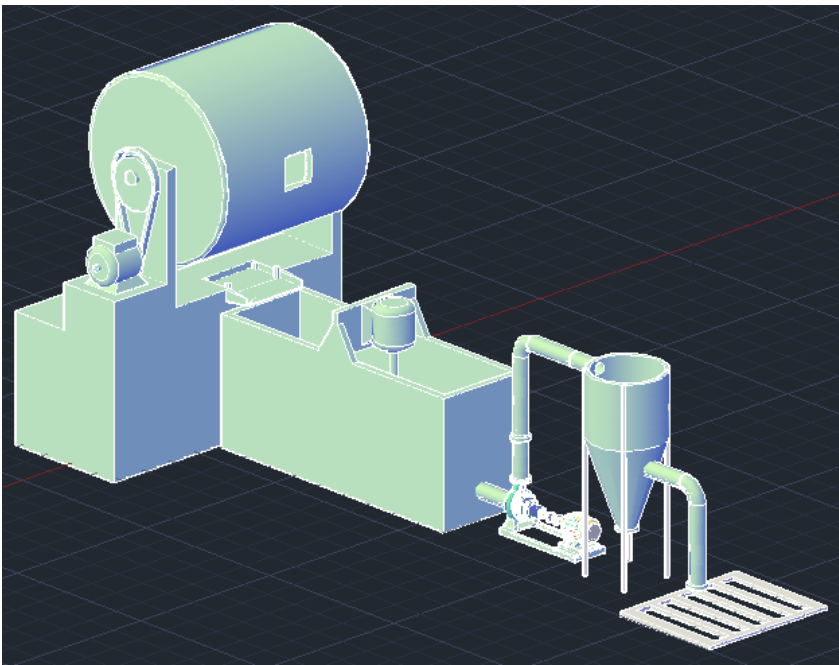
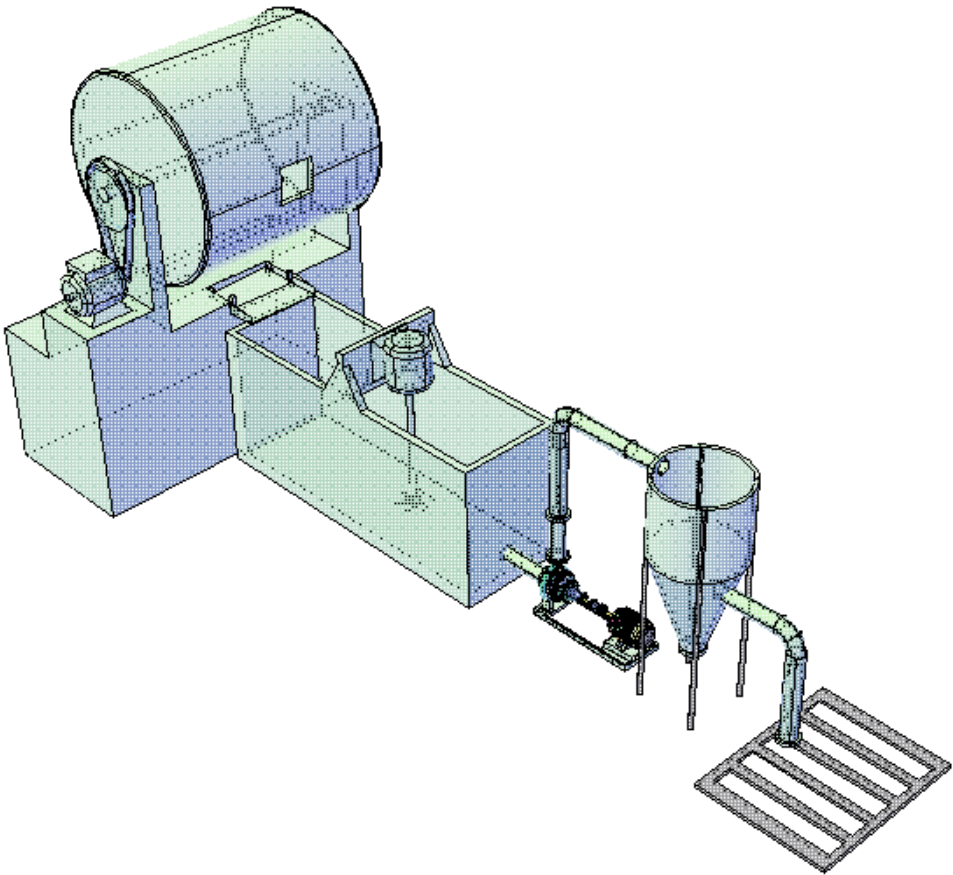
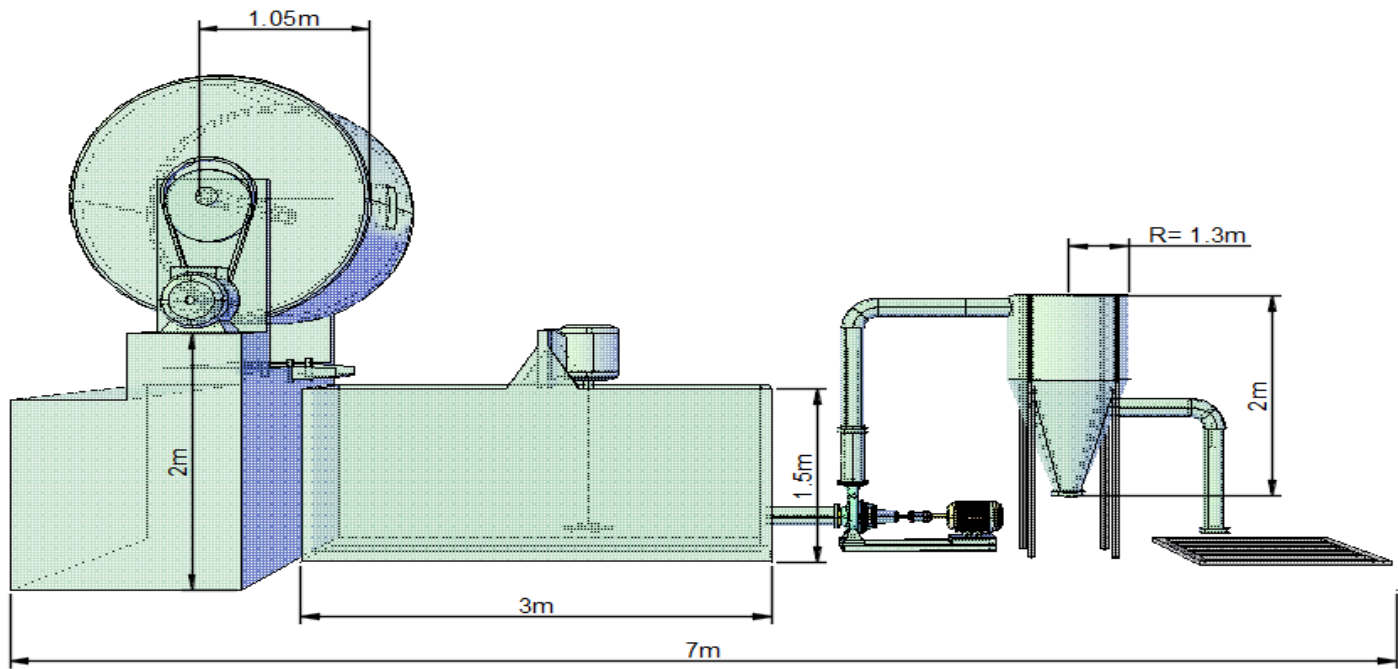
| NOTAS | CATEGORIA DEL DIAGRAMA | ESPOCH Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Elaborado por: Juan Pablo Moya Vallejo. | DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA CURTIEMBRE SAN VICENTE, PROVINCIA DEL TUNGURAHUA. DIRECTORA: Ing. Mabel Parada. | | |
|--|---|---|--|----------------------|--------------|
| | | | ESCALA: A3 | FECHA: 15/04/2016 | LAMINA: 1 |
| Sistema de Tratamiento de Agua para el proceso de: Lavado y Pelambre. | a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar | | | | |

ANEXO B Sistema de Tratamiento de Agua para el proceso de: Curtido-Recurtido



| NOTAS | CATEGORIA DEL DIAGRAMA | ESPOCH Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Elaborado por: Juan Pablo Moya Vallejo. | DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA CURTIEMBRE SAN VICENTE, PROVINCIA DEL TUNGURAHUA. DIRECTORA: Ing. Mabel Parada. | | |
|--|---|--|--|----------------------|--------------|
| | | | ESCALA: A3 | FECHA: 15/04/2016 | LAMINA: 2 |
| Sistema de Tratamiento de Agua para el proceso de: Curtido-Recurtido. | a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar | | | | |

ANEXO C Sistema de Tratamiento de Agua para el proceso de Teñido.



| NOTAS. | CATEGORIA DEL DIAGRAMA. | ESPOCH Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Elaborado por: Juan Pablo Moya. | DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA CURTIEMBRE SAN VICENTE, PROVINCIA DEL TUNGURAHUA. DIRECTORA: Ing. Mabel Parada. | | |
|--|---|--|---|----------------------|--------------|
| | | | ESCALA: A3 | FECHA: 15/04/2016 | LÁMINA: 3 |
| Sistema de Tratamiento de Agua para el proceso de Teñido. | a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar | | | | |

ANEXO D Agua tratada de los procesos de la Curtiembre San Vicente.



ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Agua tratada de los procesos de la curtiembre.

Realizado: Juan Moya

Revisado: Ing. Mabel P.

Dibujo: AutoCAD

1:100

2016

Observaciones

5:5

ANEXO E Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de lavado.

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Juan Pablo Moya Vallejo

Fecha de Análisis: 2 de Septiembre del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 28 de Octubre del 2015

Tipo de muestras: Agua Residual Industrial de curtiembre. Muestra Simple

Empresa: **Curtiembre San Vicente**. Localidad: Av. Indoamérica y Virgen del Cisne. Parroquia: Atahualpa. Cantón: Ambato. Provincia: Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Código LAT/119-15

El agua residual: **Agua de salida de bombo: "Lavado"**.

Análisis Químico

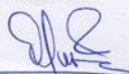
| Determinaciones | Unidades | *Método | **Límites | Resultados |
|---------------------------|-----------|---------|-----------|------------|
| pH | Und. | 4500-B | 6-9 | 6.72 |
| Turbiedad | UNT | 2130-B | | 1.392 |
| Conductividad | mSiems/cm | 2510-B | | 27.9 |
| Cloruros | g/L | | | 16.3 |
| Sólidos Totales Disueltos | g/L | 2540-C | | 16.8 |
| DBO ₅ | mg/L | 5210-B | 250 | 1.982 |
| DQO | mg/L | 5220-C | 500 | 2.450 |

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R. ESPOCH
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.*

Los ensayos han sido realizados, por el estudiante bajo la dirección del técnico responsable.

ANEXO F Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de pelambre ESPOCH.

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Juan Pablo Moya Vallejo

Fecha de Análisis: 2 de Septiembre del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 28 de Octubre del 2015

Tipo de muestras: Agua Residual Industrial de curtiembre. Muestra Simple

Empresa: **Curtiembre San Vicente**. Localidad: Av. Indoamérica y Virgen del Cisne. Parroquia: Atahualpa. Cantón: Ambato. Provincia: Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Código LAT/119-15

El agua residual: **Agua de salida de bombo: "Pelambre"**

Análisis Químico

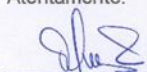
| Determinaciones | Unidades | *Método | **Límites | Resultados |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| pH | Und. | 4500-B | 6-9 | 12.34 |
| Turbiedad | UNT | 2130-B | | 2 780 |
| Conductividad | mSiems/cm | 2510-B | | 27.2 |
| Sólidos Totales Disueltos | g/L | 2540-C | | 15.1 |
| DBO ₅ | mg/L | 5210-B | 250 | 2 920 |
| DQO | mg/L | 5220-C | 500 | 3 870 |
| Sólidos Sedimentables | mL/L | 2540-F | 20 | 35 |
| Sulfatos | mg/L | HACH-8051 | 400 | 1 180 |
| Sulfuro | mg/L | 4500-E | 1,0 | 640 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-B | | 36.88 |
| Alcalinidad | g/L | 2320-B | | 5.6 |

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.
Los ensayos han sido realizados, por el estudiante bajo la dirección del técnico responsable.

ANEXO G Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de pelambre CESTTA.

| | | |
|---|--|---|
|  | <p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p> |  <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p> |
|---|--|---|

| | |
|---|--|
| INFORME DE ENSAYO No: | 1779 |
| ST: | 684 -15 ANÁLISIS DE AGUAS |
| Nombre Peticionario: | CURTIEMBRE SAN VICENTE |
| Atn. | Juan Pablo Moya |
| Dirección: | Avda. Indoamérica Km 4 ½ vía a Izamba Ambato - Tungurahua |
| FECHA: | 07 de Diciembre del 2015 |
| NUMERO DE MUESTRAS: | 1 |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 2015/11/26 - 15:14 |
| FECHA DE MUESTREO: | 2015/11/26 - 10:00 |
| FECHA DE ANÁLISIS: | 2015/11/26 - 2015/12/07 |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua residual |
| CÓDIGO LABCESTTA: | LAB-A 1396 -15 |
| CÓDIGO DE LA EMPRESA: | NA |
| PUNTO DE MUESTREO: | A pie de bombo |
| ANÁLISIS SOLICITADO: | Físico- Químico |
| PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: | Juan Pablo Moya |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: | T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C |

RESULTADOS ANALÍTICOS:

| PARÁMETROS | MÉTODO /NORMA | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■) |
|------------------|--|--------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| Grasas y Aceites | PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B | mg/L | 18,9 | ±6% | 70,0 |
| Fenoles | PEE/LABCESTTA/14 Standard Methods No. APHA 5530 C | mg/L | 0,030 | ±29% | 0,2 |
| Tensoactivos | PEE/LABCESTTA 32 Standard Methods No 3500 -Cr B | mg/L | 1,80 | ±7% | 0,5 |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al Límite máximo permitido indicado en la Tabla 8 del Tulsma. Acuerdo Ministerial No. 061. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Solicitado por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO
 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 1
Edición 5

ANEXO H Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de curtido ESPOCH.

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Juan Pablo Moya Vallejo

Fecha de Análisis: 2 de Septiembre del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 28 de Octubre del 2015

Tipo de muestras: Agua Residual Industrial de curtiembre. Muestra Simple

Empresa: **Curtiembre San Vicente**. Localidad: Av. Indoamérica y Virgen del

Cisne. Parroquia: Atahualpa. Cantón: Ambato. Provincia: Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Código LAT/119-15

El agua residual: **Agua de salida de bombo: "Curtido"**

Análisis Químico


| Determinaciones | Unidades | *Método | **Límites | Resultados |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| pH | Und. | 4500-B | 6-9 | 3.1 |
| Turbiedad | UNT | 2130-B | | 95.2 |
| Conductividad | mSiems/cm | 2510-B | | 54 |
| Sólidos Totales Disueltos | g/L | 2540-C | | 31.8 |
| DBO ₅ | g/L | 5210-B | 250 | 1 455 |
| DQO | g/L | 5220-C | 500 | 1 852 |
| Sólidos Sedimentables | mL/L | 2540-F | 20 | 50 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-B | 1,6 | 57.0 |
| Cromo Hexavalente | mg/L | HACH-8023 | 0,5 | 2.21 |

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Los ensayos han sido realizados, por el estudiante bajo la dirección del técnico responsable.

ANEXO I Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de curtido CESTTA.

| | | |
|---|---|--|
|  | <p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p> |  <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p> |
|---|---|--|

| | |
|---|--|
| INFORME DE ENSAYO No: | 1693 |
| ST: | 649 -15 ANÁLISIS DE AGUAS |
| Nombre Peticionario: | CURTIEMBRE SAN VICENTE |
| Atn. | Juan Pablo Moya |
| Dirección: | Avda. Indoamérica Km 4 ½ vía a Izamba Ambato - Tungurahua |
| FECHA: | 27 de Noviembre del 2015 |
| NUMERO DE MUESTRAS: | 1 |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 2015/11/18 - 10:31 |
| FECHA DE MUESTREO: | 2015/11/18 - 08:30 |
| FECHA DE ANÁLISIS: | 2015/11/18 - 2015/11/27 |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua residual |
| CÓDIGO LABCESTTA: | LAB-A 1314 -15 |
| CÓDIGO DE LA EMPRESA: | NA |
| PUNTO DE MUESTREO: | A pie de bombo |
| ANÁLISIS SOLICITADO: | Físico- Químico |
| PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: | Juan Pablo Moya |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: | T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C |

RESULTADOS ANALÍTICOS:

| PARÁMETROS | MÉTODO /NORMA | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■) |
|-------------------|--|--------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| Grasas y Aceites | PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B | mg/L | 5,0 | ±14% | 70,0 |
| Fenoles | PEE/LABCESTTA/14 Standard Methods No. APHA 5530 C | mg/L | >0,2 | ±7% | 0,2 |
| Cromo Hexavalente | PEE/LABCESTTA 32 Standard Methods No 3500 -Cr B | mg/L | 0,026 | ±19% | 0,5 |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al Límite máximo permitido indicado en la Tabla 8 del Tulsma. Acuerdo Ministerial No. 061. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Solicitado por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO
 LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
 E INSPECCION
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 1
Edición 5

ANEXO J Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de recurtido CESTTA.

| | | |
|---|---|--|
|  | CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA) Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183 |  Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS |
| | | |

INFORME DE ENSAYO No: 1697
ST: 651 -15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: CURTIEMBRE SAN VICENTE
Atn. Juan Pablo Moya
Dirección: Avda. Indoamérica Km 4 ½ vía a Izamba
 Ambato - Tungurahua

FECHA: 30 de Noviembre del 2015
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/11/19 - 12:18
FECHA DE MUESTREO: 2015/11/19 - 06:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/11/19 - 2015/11/30
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1317 -15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: A pie de bombo
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico- Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Juan Pablo Moya
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

| PARÁMETROS | MÉTODO /NORMA | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■) |
|-------------------|--|--------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| Grasas y Aceites | PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B | mg/L | 8,0 | ±10% | 70,0 |
| Fenoles | PEE/LABCESTTA/14 Standard Methods No. APHA 5530 C | mg/L | 0,189 | ±7% | 0,2 |
| Cromo Hexavalente | PEE/LABCESTTA 32 Standard Methods No 3500 -Cr B | mg/L | <0,02 | ±22% | 0,5 |
| Tensoactivos | PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C | mg/L | 1,80 | ±7% | 2,0 |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al Límite máximo permitido indicado en la Tabla 8 del Tulsma. Acuerdo Ministerial No. 061. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Solicitado por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO


Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 1
 Edición 5

ANEXO K Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de Recurtido ESPOCH

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Juan Pablo Moya Vallejo

Fecha de Análisis: 2 de Septiembre del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 28 de Octubre del 2015

Tipo de muestras: Agua Residual Industrial de curtiembre. Muestra Simple

Empresa: **Curtiembre San Vicente**. Localidad: Av. Indoamérica y Virgen del

Cisne. Parroquia: Atahualpa. Cantón: Ambato. Provincia: Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Código LAT/119-15

El agua residual: **Agua de salida de bombo: "Recurtido"**

Análisis Químico

| Determinaciones | Unidades | *Método | **Límites | Resultados |
|---------------------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| pH | Und. | 4500-B | 6-9 | 6.38 |
| Turbiedad | UNT | 2130-B | | 1 340 |
| Conductividad | mSiemens/cm | 2510-B | | 16.3 |
| Sólidos Totales Disueltos | g/L | 2540-C | | 8.9 |
| DBO ₅ | mg/L | 5210-B | 250 | 1 970 |
| DOO | mg/L | 5220-C | 500 | 2 920 |
| Sólidos Sedimentables | mL/L | 2540-F | 20 | 150 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-B | 1.6 | 18 |
| Cromo Hexavalente | mg/L | HACH-8023 | 0.5 | 1.3 |

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 9 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente,


Dra. Gina Álvarez
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Los ensayos han sido realizados, por el estudiante bajo la dirección del técnico responsable.

ANEXO L Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de teñido ESPOCH.

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Juan Pablo Moya Vallejo

Fecha de Análisis: 2 de Septiembre del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 28 de Octubre del 2015

Tipo de muestras: Agua Residual Industrial de curtiembre. Muestra Simple

Empresa: **Curtiembre San Vicente.**

Localidad: Av. Indoamérica y Virgen del Cisne. Parroquia: Atahualpa. Cantón: Ambato. Provincia: Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Código LAT/119-15

El agua residual: **Agua de salida de bombo: "Teñido"**

Análisis Químico

| Determinaciones | Unidades | *Método | **Límites | Resultados |
|---------------------------|-----------|---------|-----------|------------|
| pH | Und. | 4500-B | 6-9 | 3.71 |
| Turbiedad | UNT | 2130-B | | 746 |
| Conductividad | mSiems/cm | 2510-B | | 10.3 |
| Sólidos Totales Disueltos | g/L | 2540-C | | 4.94 |
| DBO ₅ | mg/L | 5210-B | 250 | 1 240 |
| DQO | mg/L | 5220-C | 500 | 2 360 |
| Sólidos Sedimentables | ml/L | 2540-F | 20 | 84 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-B | 1.6 | 17.5 |

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.



RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

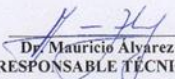
Los ensayos han sido realizados, por el estudiante bajo la dirección del técnico responsable.

ANEXO M Resultado del análisis fisicoquímico del agua de descarga de teñido CESTTA.

| | | |
|--|--|--|
|  <p>CESTTA SGC</p> | <p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p> |  <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p> |
|--|--|--|

| <p>INFORME DE ENSAYO No: 1697</p> <p>ST: 651 -15 ANÁLISIS DE AGUAS</p> <p>Nombre Peticionario: CURTIEMBRE SAN VICENTE</p> <p>Atn. Juan Pablo Moya</p> <p>Dirección: Avda. Indoamérica Km 4 ½ vía a Izamba Ambato - Tungurahua</p> <p>FECHA: 30 de Noviembre del 2015</p> <p>NUMERO DE MUESTRAS: 1</p> <p>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/11/19 - 12:18</p> <p>FECHA DE MUESTREO: 2015/11/19 - 09:30</p> <p>FECHA DE ANÁLISIS: 2015/11/19 - 2015/11/30</p> <p>TIPO DE MUESTRA: Agua residual</p> <p>CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1316 -15</p> <p>CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA</p> <p>PUNTO DE MUESTREO: A pie de bombo</p> <p>ANÁLISIS SOLICITADO: Físico- Químico</p> <p>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Juan Pablo Moya</p> <p>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C</p> | <p>RESULTADOS ANALÍTICOS:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PARÁMETROS</th> <th>MÉTODO /NORMA</th> <th>UNIDAD</th> <th>RESULTADO</th> <th>INCERTIDUMBRE (k=2)</th> <th>VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grasas y Aceites</td> <td>PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B</td> <td>mg/L</td> <td>25,4</td> <td>±5%</td> <td>70,0</td> </tr> <tr> <td>Fenoles</td> <td>PEE/LABCESTTA/14 Standard Methods No. APHA 5530 C</td> <td>mg/L</td> <td>>0,2</td> <td>±7%</td> <td>0,2</td> </tr> </tbody> </table> <p>OBSERVACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> Muestra receptada en el laboratorio. La columna marcada con (■) corresponde al Límite máximo permitido indicado en la Tabla 8 del Tulsma. Acuerdo Ministerial No. 061. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Solicitado por el cliente. | PARÁMETROS | MÉTODO /NORMA | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■) | Grasas y Aceites | PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B | mg/L | 25,4 | ±5% | 70,0 | Fenoles | PEE/LABCESTTA/14 Standard Methods No. APHA 5530 C | mg/L | >0,2 | ±7% | 0,2 |
|---|--|------------|---------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|---|------|------|-----|------|---------|--|------|------|-----|-----|
| PARÁMETROS | MÉTODO /NORMA | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■) | | | | | | | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B | mg/L | 25,4 | ±5% | 70,0 | | | | | | | | | | | | | | |
| Fenoles | PEE/LABCESTTA/14 Standard Methods No. APHA 5530 C | mg/L | >0,2 | ±7% | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | |

RESPONSABLE DEL INFORME:



Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 1
Edición 5

ANEXO N Resultado del análisis fisicoquímico del agua tratada de la etapa de lavado.

ESPOCH

INFORME DE RESULTADOS DE TRATABILIDAD DEL AGUA.

Análisis solicitado por: Sr. Juan Pablo Moya Vallejo.

Fecha de Análisis: 28 de Octubre del 2015.

Fecha de Entrega de resultados: 27 de Enero del 2016.

Tipo de muestra: Agua residual industrial de curtiembre. Muestra simple.

Empresa: Curtiembre San Vicente.

Localidad: Av. Indoamérica y Virgen del Cisne. Parroquia: Atahualpa. Cantón: Ambato.

Provincia: Tungurahua.

TRABAJO DE TESIS.

El agua residual: **Agua tratada de "Lavado"**.

Análisis Químico

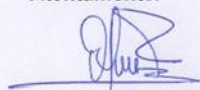
| DETERMINACIONES | UNIDADES | MÉTODO | LÍMITES | RESULTADOS |
|-----------------------|-----------|--------|---------|------------|
| pH | Und. | 4500-B | 6-9 | 6.31 |
| Turbiedad | UNT | 2130-B | - | 5.8 |
| Conductividad | mSiems/cm | 2510-B | - | 9.7 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-C | - | 6.98 |
| Disueltos | | | | |
| DBO ₅ | mg/L | 5210-B | 250 | 318 |
| DQO | mg/L | 5220-C | 500 | 682 |
| Cloruros | g/L | | - | 7.02 |
| Sólidos Sedimentables | ml/L | 2540-F | 20 | 0.01 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-B | 1.6 | 7.1 |

Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17ed.

Tulas Tabla 9. Limites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS.



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Los ensayos han sido realizados por el estudiante bajo la dirección del técnico responsable.

ANEXO O Resultado del análisis fisicoquímico del agua tratada de la etapa de pelambre.

ESPOCH

INFORME DE RESULTADOS DE TRATABILIDAD DEL AGUA.

Análisis solicitado por: Sr. Juan Pablo Moya Vallejo.

Fecha de Análisis: 28 de Octubre del 2015.

Fecha de Entrega de resultados: 27 de Enero del 2016.

Tipo de muestra: Agua residual industrial de curtiembre. Muestra simple.

Empresa: Curtiembre San Vicente.

Localidad: Av. Indoamérica y Virgen del Cisne. Parroquia: Atahualpa. Cantón: Ambato.

Provincia: Tungurahua.

TRABAJO DE TESIS.

El agua residual: **Agua tratada de "Pelambre"**.

Análisis Químico

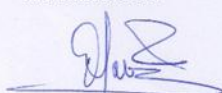
| DETERMINACIONES | UNIDADES | MÉTODO | LÍMITES | RESULTADOS |
|-----------------------|-----------|-----------|---------|------------|
| pH | Und. | 4500-B | 6-9 | 7.68 |
| Turbiedad | UNT | 2130-B | - | 4.8 |
| Conductividad | mSiems/cm | 2510-B | - | 11.2 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-C | - | 7.4 |
| Disueltos | | | | |
| DBO ₅ | mg/L | 5210-B | 250 | 268 |
| DQO | mg/L | 5220-C | 500 | 543 |
| Sólidos Sedimentables | ml/L | 2540-F | 20 | 0.01 |
| Sulfatos | mg/L | HACH-8051 | 400 | 325 |
| Sulfuros | mg/L | 4500-E | 1.0 | 0.42 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-B | 1.6 | 7.8 |
| Alcalinidad | mg/L | 2320-B | | 396 |

Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17ed.

Tulas Tabla 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS.



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Los ensayos han sido realizados por el estudiante bajo la dirección del técnico responsable.

ANEXO P Resultado del análisis fisicoquímico del agua tratada de las etapas: curtido y recurtido.

ESPOCH

INFORME DE RESULTADOS DE TRATABILIDAD DEL AGUA.

Análisis solicitado por: Sr. Juan Pablo Moya Vallejo.

Fecha de Análisis: 28 de Octubre del 2015.

Fecha de Entrega de resultados: 27 de Enero del 2016.

Tipo de muestra: Agua residual industrial de curtiembre. Muestra compuesta. (procesos de curtido y Recurtido)

Empresa: Curtiembre San Vicente.

Localidad: Av. Indoamérica y Virgen del Cisne. Parroquia: Atahualpa. Cantón: Ambato.

Provincia: Tungurahua.

TRABAJO DE TESIS.

El agua residual: **Agua tratada de "Curtido-Recurtido"**.

Análisis Químico

| DETERMINACIONES | UNIDADES | MÉTODO | LÍMITES | RESULTADOS |
|-----------------------|-----------|-----------|---------|------------|
| pH | Und. | 4500-B | 6-9 | 8.3 |
| Turbiedad | UNT | 2130-B | - | 8.38 |
| Conductividad | mSiems/cm | 2510-B | - | 11.5 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-C | - | 8.4 |
| Disueltos | | | | |
| DBO ₅ | mg/L | 5210-B | 250 | 92 |
| DQO | mg/L | 5220-C | 500 | 368 |
| Sólidos Sedimentables | ml/L | 2540-F | 20 | 0.01 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-B | 1.6 | 8.8 |
| Cromo Hexavalente | mg/L | HACH-8023 | 0.5 | 0.239 |

Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17ed.

Tulas Tabla 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS.



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Los ensayos han sido realizados por el estudiante bajo la dirección del técnico responsable.

ANEXO Q Resultado del análisis fisicoquímico del agua tratada de la etapa de teñido.

ESPOCH

INFORME DE RESULTADOS DE TRATABILIDAD DEL AGUA.

Análisis solicitado por: Sr. Juan Pablo Moya Vallejo.

Fecha de Análisis: 28 de Octubre del 2015.

Fecha de Entrega de resultados: 27 de Enero del 2016.

Tipo de muestra: Agua residual industrial de curtiembre. Muestra simple.

Empresa: Curtiembre San Vicente.

Localidad: Av. Indoamérica y Virgen del Cisne. Parroquia: Atahualpa. Cantón: Ambato.

Provincia: Tungurahua.

TRABAJO DE TESIS.

El agua residual: Agua tratada de "Teñido".

Análisis Químico

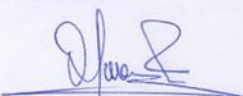
| DETERMINACIONES | UNIDADES | MÉTODO | LÍMITES | RESULTADOS |
|-----------------------|-----------|--------|---------|------------|
| pH | Und. | 4500-B | 6-9 | 6.82 |
| Turbiedad | UNT | 2130-B | - | 4.9 |
| Conductividad | mSiems/cm | 2510-B | - | 6.4 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-C | - | 2.61 |
| Disueltos | | | | |
| DBO ₅ | mg/L | 5210-B | 250 | 75 |
| DQO | mg/L | 5220-C | 500 | 209 |
| Sólidos Sedimentables | ml/L | 2540-F | 20 | 0.01 |
| Sólidos Totales | g/L | 2540-B | 1.6 | 4.8 |

Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17ed.

Tulas Tabla 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS.



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Los ensayos han sido realizados por el estudiante bajo la dirección del técnico responsable.